

27 449/4 106



TUGAS AKHIR
LL 1327

**ANALISA KEKUATAN ULTIMATE
STRUKTUR JACKET DENGAN PENDEKATAN LRFD
DAN BERBASIS KEANDALAN**



186e
627.98
Wij
a-1
2006

OLEH :

ARIEF SANTOSO WIJAYA
4301 100 006

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	2 - 8 - 06
Terima Dari	A
No. Agenda Prp.	225667

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2006**



LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA KEKUATAN ULTIMATE STRUKTUR JACKET DENGAN PENDEKATAN LRFD DAN BERBASIS KEANDALAN



ARIEF SANTOSO WIJAYA
4301 100 006

Surabaya, ..27....Juli.....2006

Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing I

Dr. Ir. EKO BUDI DJATMIKO M.Sc
NIP. 131 407 592

Pembimbing II

Ir. MURDJITO, M.Sc. Eng.
NIP. 132 149 376

Ketua Jurusan Teknik Kelautan



Ir. IMAM ROCHANI, MSc
NIP. 131 417 209



ABSTRAK

Abstrak

Oleh : Arief Santoso Wijaya

Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Eko Budi Djatmiko, MSc, Ir. Murdjito, M.Sc. Eng

Analisa struktur merupakan salah satu bagian penting yang harus dilakukan dalam proses perancangan bangunan lepas pantai. Penambahan peralatan-peralatan pada struktur jacket akan dapat mempengaruhi kekuatan dari struktur itu sendiri. Untuk menghindari keruntuhan struktur yang diakibatkan penambahan peralatan, maka struktur harus dianalisa *ultimate strength (push over)* terlebih dahulu. Pada awal analisa design level, struktur APN-D tidak mengalami suatu kegagalan pada seluruh member. Selanjutnya dilakukan analisa push over dengan penambahan beban lingkungan (gelombang, arus) dan beban vertikal (*selfweight, deck load*, dan lain-lain) sebagai beban konstan. Pembebanan yang dilakukan menurut API RP 2A LRFD 1st edition dimana pembebanan ini lebih besar dari API RP 2A WSD 21st edition. Dari analisa *ultimate strength (push over)* yang telah dilakukan maka didapat nilai RSR (*Reserve Strength Ratio*) dari struktur APN-D. RSR minimum 2.4 diperoleh untuk beban gelombang arah 330°, dan SR sebesar 1.2, sedang untuk harga ini masih di atas aman sesuai dengan ketentuan API RP 2A WSD 21st edition, yakni sebesar 1.6. Selanjutnya untuk mengetahui keadaan sistem struktur APN-D ini perlu dianalisa keandalan. Tegangan ultimate member (56 ksi – 80 ksi) disimulasikan dengan tegangan ultimate member pada saat kondisi ultimate dengan metode AFOSM. Sehingga didapat *level reliability* berupa Keandalan sistem sebesar 0.9999. Dari nilai RSR, SR dan level reliability struktur APN-D dalam batas aman sehingga tidak perlu mitigasi.

Kata-kata kunci : *increment, assessment, design level, Push Over, RSR, tegangan.*

Abstract

By : Arief Santoso Wijaya

Supervisors : Dr. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc, Ir. Murdjito, M.Sc. Eng

Structural analysis is one of the most important factor that should be performed in the design process of an offshore structure. Modification in the form of additional facilities is often carried out on existing platform that affect the structural strength. To avoid the collapse of structure caused by facilities addition to the structure must be performed ultimate strength analysis. In the design level analysis of APN-D platform failed member was not found. After design level was performed, the next analysis should be performed is push over analysis by setting up environmental load as an incremental load and payload was set as a constant load. Loading by API RP 2A LRFD larger than API RP 2A WSD. Ultimate strength analysis needs to be carried out to determine the structural reserve strength ratio of APN-D platform. Results of this analysis show the minimum RSR (*Reserve Strength Ratio*) value of the APN-D structure is 2.4 caused by wave load directions of 330°. This value eventually is higher than the minimum requirement of API RP 2A WSD, which is 1.6. The Ultimate Strength Reliability Analysis needs to be performed to assure the system reliability of APN-D structure, by using Advanced First Second Order Moment (AFOSM) method. The Ultimate Stress from material (56 – 80 ksi) simulated with ultimate stress material in Ultimate Limit State condition. The structural system reliability of APN-D is 0.9999. The value of Reserve Strength Ratio, System Redundancy and system reliability of APN-D structure are found to be in the safe range, is so it doesn't require any mitigation.

Key words : *increment, assessment, design level, push over, RSR, stress*



KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, serta kepada seluruh pihak yang telah membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan segenap kemampuan yang penulis miliki. Tugas Akhir ini berjudul **“Analisa Kekuatan Ultimate Struktur Jacket Dengan Pendekatan LRFD dan Berbasis Keandalan”**.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S1) di Jurusan teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Dalam pengerjaan penelitian ini penulis tidak terlepas dari bantuan serta dorongan moral maupun material dari banyak pihak baik yang secara langsung maupun tidak langsung. Sehingga pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Allah S.W.T yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga hamba dapat menyelesaikan penelitian ini dan memberikan semua anugerah dan kenikmatan yang tiada terkira. Hanya amal, ibadah dan kebajikan yang dapat hamba haturkan untuk bersyukur kepadaMu.
2. Ibunda Halimah dan Ayahanda Mas 'Udi atas segala do'a, kasih sayang, perhatian dan dorongan dari segala segi yang telah diberikan sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini.
3. Ir. Murdjito, M.Sc.Eng sebagai Kepala Laboratorium Operasional dan Riset sekaligus Dosen Pembimbing TA. Terima kasih banyak sudah menjadi bapak bagi saya selama di Lab, saya banyak mendapat ilmu dari Bapak.
4. Dr Ir. Eko Budi Djatmiko, MSc sebagai Dosen Pembimbing TA. Terima kasih atas bimbingannya dan ilmu yang diberikan.
5. Ir. Imam Rochani, M.Sc sebagai Ketua Jurusan Teknik Kelautan.
6. Ir. Handayanu, M.Sc, Ph.D sebagai sekretaris Jurusan Teknik Kelautan.

7. Keluargaku, Mas Eko, Mbak Iin, Mbak Yeni, Mas Darwin, Mbak Yanti, Mas Iis, Cacak, Mbak Tun, Om Udin, Mbak Seh. Terima kasih atas dukungan dan bantuannya.
8. Adek-adekku tercinta, Vina, Fia, Rafli, Aditya, Ulfa, Lutfi, Wawan, Vita, Rendra.
9. Shinta kekasihku tersayang, terima kasih atas kasih sayangnya selama ini. Maaf kalo selama ini Arief selalu bikin kamu kecewa, karya ini kuberikan untuk doa, pengertian, canda tawa dan kesabaranmu.
10. Sahabat-sahabatku "PBI" Andri Kucur, Chalendra (*ndrong*), Arief Cocin, Andri Jon, Adi Gepeng, Adek Slamet, Agus Lemot, Eko Agus (*sang ketua*), Agung, Sigit (*sri*), Ari Nyambe', Nanang, Arka Sinoid, Zandy, Febri n Muri (*new comer*).
11. Sahabatku Sigit, terima kasih telah membagikan pengetahuan tentang 3dsMax.
12. Angkatan 2001 "Albatros" Dede', Eko, Iwan, Yoga, Puput, Soni, Dina, Abe, Silvi, Lenny, Helen, Delly, Ita, Friska, Nining, Hanif, Emon, Oje, Ruby, Mendo, Ambon, Ivan Sarif, Shinta, Nurma, Shanti, Dimas, Zaky, Tommy, Ompong, Miswadi, Fandi, Didit, Bayu, Kacong, Doni, Christofel.
13. Kakak kelasku : Reza, Fahmi, Eko, Joko, Fajar S, Breh, Mas Dain, Mas Budi.
14. Adik kelasku : Ziyad, Purnomo, Doni, Lutfi, Enur, Fajar (*sing mbaurekso opres..*), Wendy, Akbar, Asa, Vlad.
15. Pegawai T. Kelautan ITS : Bu Lis, Pak Teguh, Pak Man, Pak Tomo, Mas Joko, Cak No, Mas Slamet (*suwun sing uakeh mas...*)
16. Serta semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan semua,.Terima kasih semuanya.

Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penulisan penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pihak lain. Akhir kata penulis hanya dapat berharap penelitian ini dapat mempunyai andil walaupun sedikit bagi kemajuan dunia pendidikan khususnya bidang *offshore structure*.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Surabaya, 27 Juli 2006

Arief Santoso Wijaya



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 Gambaran Umum Struktur Jacket	9
2.2.2 Teori Pembebanan	10
2.2.2.1. Beban Mati	11
2.2.2.2. Beban Hidup	11
2.2.2.3. Beban Lingkungan	11
2.2.2.4. Beban Akibat Kecelakaan	12
2.2.3 Analisa Statis Inplace Pada Bangunan Lepas Pantai	12
2.2.3.1 Tahapan Dalam Analisis Statis	12
2.2.4 Prosedur Analisa Desain	13
2.2.5 Teori Gelombang	14

2.2.5.1 Teori Gelombang Stokes Orde 5	15
2.2.5.2 Gaya Gelombang pada Silinder Tegak	16
2.2.5.3 Gaya Gelombang pada Silinder Miring	18
2.2.6 Teori Pemodelan Struktur	20
2.2.6.1 Pemodelan Secara Umum	20
2.2.6.2 Pemodelan Struktur Jacket	21
2.2.7 Konsep Tegangan	22
2.2.7.1 Tegangan Normal / Aksial (axial stress)	22
2.2.7.2 Tegangan Geser	23
2.2.7.3 Tegangan untuk member silinder	23
2.2.8 Mekanisme Keruntuhan	27
2.2.9 Lendutan Pada Struktur Jacket dengan FEM	28
2.2.10 Keandalan Pada Sistem Rekayasa	29
2.2.11 Advanced First Orde Second Moment (AFOSM)	33
2.2.12 Kekuatan Sisa Struktur	34

BAB III METODOLOGI

3.1 Pemodelan secara Umum	35
3.2 Metodologi Analisis	36
3.3. Pengumpulan Data Struktur	39
3.3.1 Data Struktur	39
3.3.2 Data Lingkungan	39
3.4. Pemodelan Struktur APND Platform	40
3.4.1 Pemodelan Struktur APND Platform	40
3.4.2 Pemodelan Beban	42
3.5. Analisa Statis Push Over	45
3.5.1 Penjelasan langkah analisa push over	46
3.6. Keandalan	49

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Design Level	51
4.2 Analisa Push Over	54
4.3 Analisa Keandalan	56

4.4 Keruntuhan Struktur	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kecepatan arus dibawah permukaan air laut	40
Tabel 3.2 Kecepatan angin	40
Tabel 3.3 Beban pada struktur geladak (pay load)	42
Table 4.1 Matriks Beban Menurut API RP 2A WSD,21 st edition	51
Tabel 4.2 Validasi Model Struktur APN-D	52
Tabel 4.3 Matriks Beban Menurut API RP 2A LRFD,1 st edition	53
Tabel 4.4 Member Kritis Kondisi Ekstrim	53
Tabel 4.5 Perbedaan Pembebanan Menurut API RP 2A WSD,21 st edition dan API RP 2A LRFD,1 st edition	54
Tabel 4.6 Syarat Penerimaan RSR Menurut API RP 2A WSD,21 st edition	55
Tabel 4.7 Nilai RSR minimum dari 12 arah pembebanan	55
Tabel 4.8 Moda Keruntuhan dan Keandalan Member Hasil Analisa API RP 2A WSD,21 st edition	57
Tabel 4.9 Moda Keruntuhan dan Keandalan Member Hasil Analisis API RP 2A LRFD,1 st edition	59
Tabel 4.10 Keandalan Sistem Jacket APN-D	62
Tabel 4.11 Tegangan Ultimate Beberapa Member	62
Tabel 4.12 System Redundancy	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Model Dari Struktur APN-D	3
Gambar 2.1 Karakteristik beban dan deformasi dari komponen struktur	8
Gambar 2.2 Gambaran umum Jacket	10
Gambar 2.3 Grafik Region of Validity	15
Gambar 2.4 Gaya gelombang pada Silinder Tegak	18
Gambar 2.5 Orientasi Arah Gaya Gelombang pada Silinder Miring	18
Gambar 2.6 Grafik Pembebanan aksial pada batang tubular	22
Gambar 2.7 Pembebanan momen kopel pada batang tubular	22
Gambar 2.8 Gaya puntiran pada batang silinder	23
Gambar 2.9 Moda kegagalan elemen	28
Gambar 2.10 Fungsi kerapatan peluang (f _k p) dari kapasitas X dan tuntutan Y	30
Gambar 2.11 Fungsi distribusi komulatif dan fungsi kerapatan peluang pada angka keamanan $Z = X/Y$	34
Gambar 2.12 F _k p untuk batas margin S	31
Gambar 3.1 Flowchart Metodologi Tugas Akhir	36
Gambar 3.2 Model deck dengan secondary beam menumpu pada main beam	38
Gambar 3.3 Detailed Model Struktur APND	41
Gambar 3.4 Orientasi Platform	44
Gambar 3.5 Input nonlinear member	47
Gambar 3.6 Input tension dan compress member	47
Gambar 3.7 Analisa Push Over	48
Gambar 3.8 Model Keandalan Seri-Paralel	50
Gambar 4.1 RSR dari 12 Arah Pembebanan Menurut API RP 2A WSD, 21 st edition dan API RP 2A LRFD, 1 st edition	56
Gambar 4.2 Grafik Hubungan β dan $\sigma_{Ultimate}$ member CSG-1 pada arah 330°	61
Gambar 4.3 Grafik Degradasi PoF member CSG-1 pada arah 330°	61
Gambar 4.4 Animasi Keruntuhan Struktur APN-D Pada Arah Pembebanan 330°	64



DAFTAR NOTASI

C	: Kecepatan Gelombang
C_d	: Koefisien Drag
C_m	: Koefisien Inersia
d	: Kedalaman Perairan
E	: Modulus Elastis Material
F_w	: Gaya Gelombang per Satuan Panjang
F_d	: Gaya Drag per Unit Panjang
F_i	: Gaya Inersia per Unit Panjang
F_y	: Tegangan Ijin Material
H	: Tinggi Gelombang
P_{ult}	: Respon Gaya Aksial Akibat Beban <i>Ultimate</i>
P_{des}	: Respon Gaya Aksial Akibat Beban <i>design level</i>
M_{ult}	: Respon Gaya momen Akibat Beban <i>Ultimate</i>
RSR	: Reserve Strength Ratio
T	: Periode Gelombang
u	: Kecepatan Gelombang Arah Horizontal
v	: Kecepatan Gelombang Arah vertikal



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Sebagai struktur lepas pantai, kondisi lingkungan terutama beban gelombang mempunyai pengaruh yang cukup signifikan bagi ketahanan struktur. Selain gelombang yang menjadi salah satu faktor beban bagi struktur jacket, penambahan peralatan-peralatan atau perlengkapan selama kondisi operasi (dalam hal ini disebut *live load*) juga mempengaruhi kekuatan daripada struktur itu sendiri.

Platform yang sebagian besar tipe jacket yang berada di perairan Indonesia pada saat ini telah banyak yang mencapai umur pelayanannya (*service time*), sedangkan dari sisi eksplorasi masih diperlukan fasilitas-fasilitas tambahan sehingga kegiatan eksplorasi dan produksi tetap berjalan. Hal ini akan mempengaruhi kekuatan dari struktur jacket yang telah mencapai umur pelayanannya (*service time*). Sebenarnya struktur jacket yang telah mencapai umur pelayanannya (*service time*) masih memadai untuk dipergunakan lagi, asalkan dilakukan analisa ulang. Salah satu cara analisa yang akan digunakan adalah analisa kekuatan cadangan dari struktur jacket tersebut, dimana setelah dibebani dengan beban gelombang yang dinaikkan beberapa kali sampai mencapai tegangan yield dari member dicapai atau sudah melampaui kekuatan puncaknya (*Ultimate Strength*).

Studi kasus yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah struktur jacket milik BP West Java LTD. Anjungan Jacket ini berada pada wilayah perairan Laut Jawa dengan nama anjungan APN-D, anjungan APN-D adalah anjungan Monotower Platform dengan tiga kaki pada kedalaman laut 45,971 m dari mean sea level terletak di Lepas Pantai Laut Jawa, Laut Jawa, Indonesia.

Spesifikasi desain dari hasil penelitian telah mengalami revisi dan pembaharuan secara periodik. Di Indonesia, kriteria desain anjungan lepas pantai masih menggunakan *API RP 2A - Working Stress Desain* (WSD). Pada tahun 1993, *American Petroleum Institute* (API) mengeluarkan *Recommended Practice 2A – Load and Resistance Factor Design* (LRFD) dan telah dipakai sebagai referensi dalam mendesain anjungan lepas pantai di seluruh dunia, tetapi belum digunakan di Indonesia. Dengan menggunakan *API RP 2A-LRFD*

sebagai referensi maka akan diperoleh desain akhir yang lebih rasional dan distribusi beban akan lebih merata bila dibandingkan dengan menggunakan *API RP 2A-WSD*.

Analisa ini mencakup analisa design level dan analisa *push over* yang didasarkan pada pendekatan LRFD. Dari analisa ini kita akan dapat mengetahui RSR dan *system redundancy* (SR) dari struktur berbasis LRFD.

Kekuatan ultimate dari suatu struktur tidak dapat dianalisa sepenuhnya dengan menggunakan *API RP 2A-WSD* atau *API RP 2A-LRFD* karena analisa kedua code tersebut merupakan analisa *deterministic* sedang sifat beban yang bersifat acak dan faktor ketidakpastian yang tinggi maka diperlukan analisa keandalan. Untuk analisa keandalan ini dapat digunakan Advanced First Orde Second Moment (AFOSM) merupakan analisa *semi probabilistic* yang mana pada akhirnya akan menunjukkan hasil yang lebih rasional mengindikasikan peluang kegagalan. Pada analisa keandalan ini dipilih member kritis untuk dianalisa keandalannya dari struktur tersebut. Dari hasil ini kita dapat memikirkan bagaimana cara melakukan tindakan terhadap bagian struktur yang kritis sehingga struktur yang telah mencapai service time dapat digunakan lagi tanpa mengabaikan keselamatan.

1.2. Perumusan Masalah

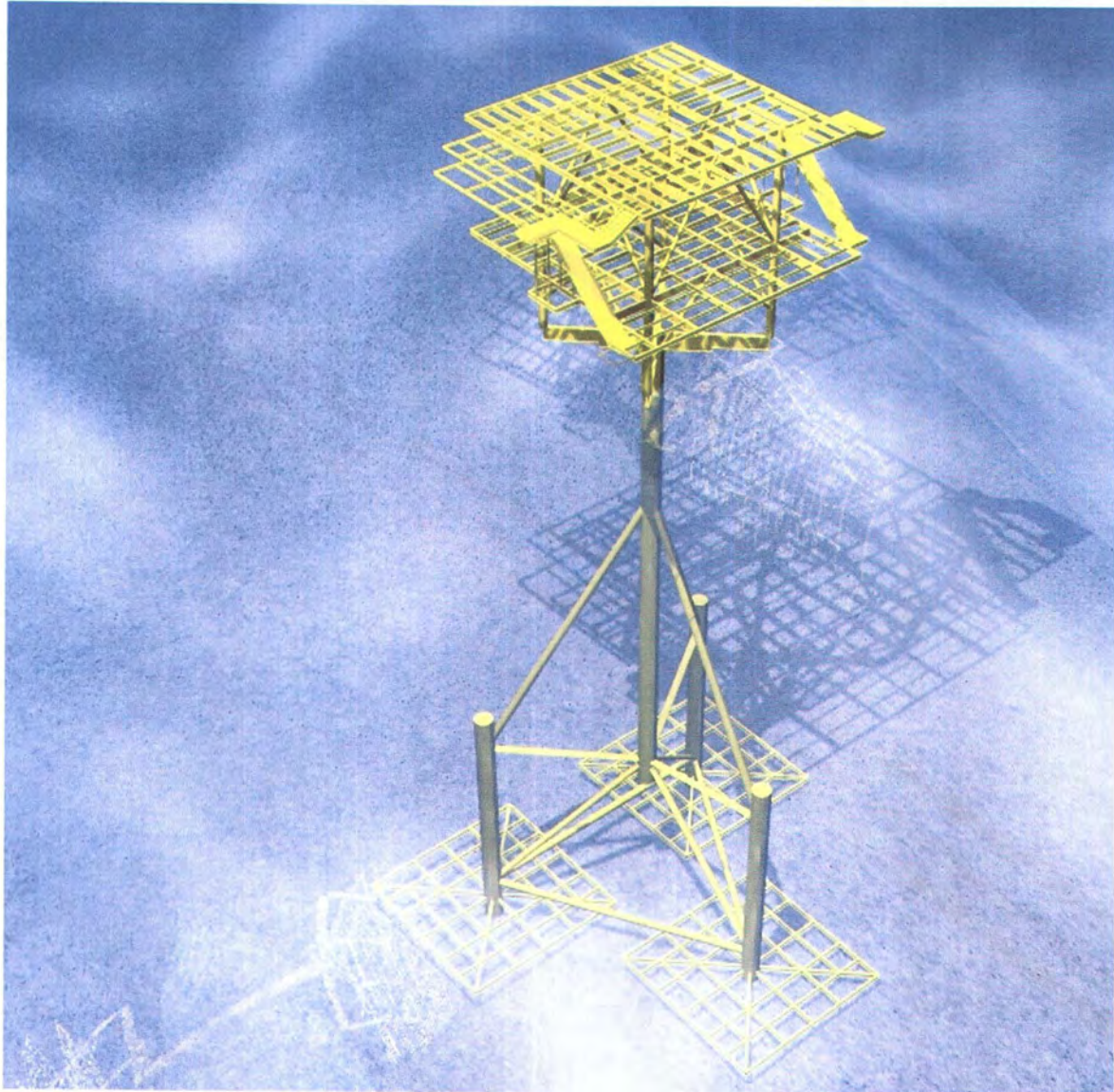
1. Berapa besar nilai RSR (*Reserve Strength Ratio*) hasil analisa LRFD dan analisa WSD ?
2. Bagaimana indeks keandalan dari sistem struktur tersebut terhadap analisa pushover ?
3. Berapa besar nilai tegangan *ultimate* hasil analisa LRFD dan analisa WSD ?

1.3. Tujuan

1. Untuk mendapatkan nilai RSR dari struktur hasil analisa LRFD dan analisa WSD.
2. Untuk mendapatkan nilai keandalan dari sistem struktur Jacket.
3. Untuk mendapatkan nilai Tegangan ultimate analisa LRFD dan analisa WSD.

1.4. Manfaat

Dari hasil analisa yang akan dilakukan dapat diketahui kekuatan sisa dari struktur Jacket dengan pendekatan LRFD dan membandingkan dengan pendekatan WSD sehingga akan didapat target level LRFD lebih efisien, ekonomis dan aman.



Gambar 1.1 Model Dari Struktur APN-D

1.5. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini maka perlu dilakukan pembatasan masalah, yang meliputi :

- Pada analisa FEM untuk menentukan tegangan tiap member, material data masih dianggap *deterministic*

- Sebagai studi kasus digunakan struktur Jacket dengan kondisi :
 - Tipe kaki yang digunakan satu kaki dengan tiga kaki pendukung (*skirt pile*) APN-D dan dianggap terpancang dengan tumpuan *fixed*.
 - Type *brace* yang digunakan adalah *K-bracing*.
- Perhitungan beban gelombang menggunakan persamaan Morison.
- Beban yang bekerja pada struktur adalah beban operasional (*payload*) dan beban lingkungan (beban gelombang pada kondisi ekstrem).
- Bentuk geladak dianggap *rigid body* yang tidak mengalami deformasi akibat berat struktur.
- Moda kegagalan yang digunakan hanya 1 macam yaitu akibat *combined stress*.
- Beban lingkungan yang akan digunakan dalam analisis hanya beban gelombang (kondisi *ultimate loading*)
- Dalam melakukan analisa perhitungan Tugas Akhir ini menggunakan Software Bantuan GT Strudl dan GT Selos.
- Untuk Analisa Keandalan Menggunakan Metode AFOSM (*Advanced First Order Second Moment*).

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diterangkan mengenai latar belakang studi yang akan dilakukan, permasalahan, tujuan yang akan dicapai, manfaat, batasan-batasan masalah dan sistematika penulisan laporan yang dipakai dalam tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Dalam penyelesaian masalah dalam tugas akhir ini penulis berpedoman pada reanalisa struktur bangunan lepas pantai yang pernah dilakukan. Selain itu juga berpedoman pada dasar teori khususnya tentang konsep *push over analysis*. Dasar teori yang digunakan antara lain dasar-dasar perancangan Jacket dan pemodelan struktur, teori elemen hingga, *nonlinear push over analysis* dan analisa keandalan.

BAB III METODOLOGI PENULISAN

Bab ini menjelaskan urutan pengerjaan yang dilakukan dalam rangka pengerjaan laporan tugas akhir ini dan menerangkan tentang pemodelan struktur secara keseluruhan yang mengikuti metodologi penelitian yang telah ditentukan. Pemodelan ini meliputi pemodelan untuk struktur dan pembebanannya, termasuk di dalamnya adalah pengumpulan data struktur. Dalam melakukan pemodelan menggunakan bantuan software *GT Strudl Version 2.7*. Pemodelan yang dilakukan mengikuti data yang telah ada dan teori perhitungan yang telah ditentukan.

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas tentang hasil *inplace analysis design level* yang kemudian akan dipilih member kritis sebanyak 10 member dari tiap arah pembebanan. Setelah itu struktur tersebut akan dianalisa *push over analysis* untuk dicari keandalannya terhadap beban *Ultimate*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penulisan tugas akhir serta saran penyelesaian permasalahan untuk penelitian lebih lanjut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Teknologi perancangan dan konstruksi anjungan lepas pantai telah berkembang sejak empat dekade yang lalu. Ini dibuktikan dengan adanya berbagai jenis *offshore structure* di lepas pantai yang berfungsi sebagai *production platform*, *wellhead platform*, *service platform* maupun kombinasi antara ketiganya. Munculnya struktur-struktur yang lebih memiliki teknologi yang lebih baik meningkatkan hasil eksplorasi yang lebih berkualitas dan pengoperasiannya lebih ekonomis.

Beberapa konsep struktur bangunan lepas pantai yang lazim dioperasikan hingga saat ini, dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama yaitu :

1. Anjungan terpancang (*Fixed Offshore Platform*)

Suatu anjungan lepas pantai dikategorikan sebagai anjungan terpancang bila anjungan tersebut dalam operasinya bersifat menahan gaya-gaya lingkungan tanpa mengalami *displacement/deformasi* yang berarti (Chakrabarti, 1987). Tipe ini merupakan tipe paling tua dan paling banyak dibangun. Struktur tipe ini hanya ekonomis untuk pengoperasian pada perairan dengan kedalaman 1000 – 1600 ft. Salah satu kelemahannya adalah biaya produksi dan biaya instalasi struktur baja atau beton terpancang akan naik secara eksponensial terhadap kedalaman (Albrecht et.al, 1978). Contoh anjungan terpancang diantaranya adalah *Jacket* dan *Concrete Gravity Platform* (CGP).

2. Anjungan Terapung (*Floating Production Platform*)

Tipe anjungan ini merupakan anjungan yang mempunyai karakter bergerak mengikuti gerakan gelombang. Seringkali anjungan tipe ini dihubungkan dengan dasar laut menggunakan peralatan mekanik seperti kabel atau rantai. Untuk anjungan tipe ini yang utama adalah mobilitas dan kemampuannya mengantisipasi gerakan akibat gelombang dan arus laut (Djarmiko, 1993). Salah satu kelemahannya adalah rendahnya kapasitas *payload* serta kualitas karakteristik *Seakeeping*.

Contoh dari anjungan tipe terapung diantaranya adalah *Semi-submersible*, *Drilling ships*, dan *Jack-Up*.

3. Anjungan struktur lentur (*Compliant Platform*)

Tujuan pengembangan struktur lentur adalah untuk memenuhi persyaratan fungsi-fungsi khusus seperti faktor ekonomi dan faktor teknis. Prinsip perencanaan umum anjungan struktur lentur adalah mendapatkan solusi optimal terhadap persyaratan-persyaratan fungsi-fungsi tersebut.

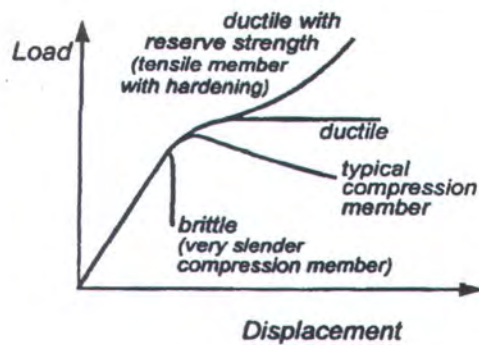
Beberapa contoh dari tipe ini diantaranya adalah *Tension Leg Platform* (TLP), *Guyed Tower*, dan *Articulated Tower*.

Jacket Platform merupakan salah satu tipe anjungan struktur terpancang (*Fixed Platform*). Tipe anjungan ini memanfaatkan kekuatan dari kakinya yang didukung oleh konfigurasi member dan *pile* yang tertancap sangat dalam untuk menahan *payload* dan beban lateral dari angin, arus dan gelombang yang bekerja pada struktur tersebut.

Mendesain suatu struktur *Jacket* membutuhkan kriteria *design* sebagai acuan dalam mendesain suatu struktur. *American Petroleum Institute* telah mengeluarkan peraturan dalam merencanakan, mendesain dan membangun suatu platform *Jacket*. Beberapa peraturan yang dikeluarkan oleh *American Petroleum Institute* ialah *API RP 2A - Working Stress Design* (WSD) dan *API RP 2A - Load and Resistance Factor Design* (LRFD). Dalam analisa dengan menggunakan program *GTStrudl* dan *GTSelos* maka didapat perbandingan *ratio* $\left(R = \frac{IR_{LRFD}}{IR_{WSD}} \right)$ untuk kondisi normal, WSD lebih *conservative* ($R > 1$) daripada LRFD. Dan untuk kondisi ekstrem, LRFD lebih baik daripada WSD ($R < 1$). (Nugraha, 2002).

Kekuatan dari struktur *jacket* dapat dianalisa dengan menggunakan metode *Push Over Analysis*, dimana setelah dibebani dengan beban gelombang yang dinaikkan beberapa kali sampai mencapai tegangan yield dari member dicapai atau sudah melampaui kekuatan puncaknya (*Ultimate Strength*). (Health and Safety Executive, 2001).

Selain pembebanan gelombang yang dinaikkan, penyebab kegagalan dari struktur adalah bertambahnya beban yang berlebihan (*Overload*). Dengan adanya beban yang semakin bertambah maka menyebabkan struktur *jacket collapse*.



Gambar 2.1 Karakteristik beban dan deformasi dari komponen struktur
(Health and Safety Executive,1999).

Dalam hal ini karakteristik dari komponen struktur yaitu kekuatan cadangan dengan tanpa kekuatan cadangan (Gambar 2.1). Sistem kekuatan sisa dari struktur anjungan lepas pantai pada umumnya mempunyai karakteristik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 (Health and Safety Executive,1999).

Pada analisa sistem keandalan, *post-ultimate behaviour* dianggap *deterministic*. Prinsip struktur member ditemukan pada struktur lepas pantai khususnya pada member berpenampang silinder. Jika salah satu pengujian dari percobaan sebelumnya ada struktur member ini, akan ditemukan *post-ultimate behaviour* setelah sebuah member mengalami kegagalan. Oleh karena itu, sudah semestinya memasukkan ketidakpastian *post-ultimate behaviour* pada analisa keandalan sistem dari seluruh sistem struktur. Salah satu untuk mendapatkan nilai keandalan sistem adalah melalui metode keruntuhan. Nilai keandalan member yang gagal dan menyebabkan runtuhnya keseluruhan struktur jika beban dinaikkan sedikit demi sedikit, akan mewakili nilai keandalan global/sistem dari struktur.

Kerusakan dari struktur telah menjadi masalah yang umum di dunia. Untuk memperkirakan suatu struktur apakah dapat beroperasi lebih lama, salah satu cara telah dikembangkan untuk mengevaluasi keandalan yang bergantung waktu dan perubahan kinerja dari kekuatan struktur seiring waktu akibat umur dan lingkungan yang korosif. Meskipun cara yang telah dikembangkan sangat berguna dan akurat, perhitungan komputasi membutuhkan kombinasi proses pembebanan dengan waktu yang bervariasi untuk menentukan strategi perbaikan atau inspeksi yang optimal. Metode AFOSM dapat digunakan untuk menentukan keandalan dari struktur berdasarkan analisa numerik. Metode

ini ditujukan untuk memperkirakan faktor reduksi sebagai fungsi tingkat degradasi. (Mori and Ellingwood, 1993).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Gambaran Umum Struktur Jacket

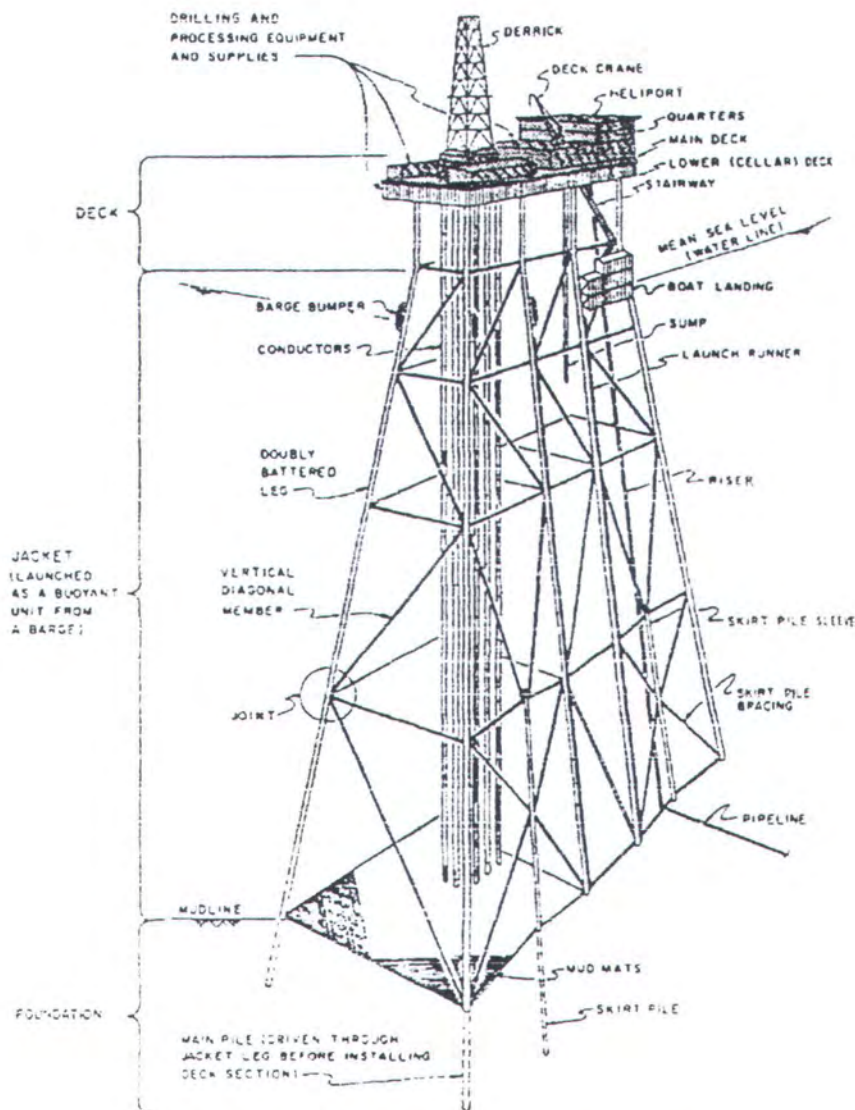
Struktur *Jacket* merupakan bentuk struktur terpancang (*Fixed Structure*) yang terdiri atas komponen utama yaitu :

1. *Topside*/geladak yang berfungsi sebagai penunjang seluruh kegiatan, tempat fasilitas dan tempat bekerja para personel.
2. *Template*/Jacket yang berfungsi sebagai penerus beban baik beban vertikal dari geladak maupun beban lateral dari angin, gelombang, arus dan *boat impact* ke pondasi.
3. Pondasi yang berfungsi untuk meneruskan beban dari jacket ke tanah.

Selain itu juga ada subkomponen dari masing-masing komponen utama dari jacket yaitu :

1. Subkomponen dari struktur geladak antara lain : *skid beam, deck plating, deck beam, deck legs, longitudinal trusses* dan *wind girders*.
2. Subkomponen dari jacket antara lain : *legs, horizontal dan vertical bracing, launch runner, launch trusses* dan detail element (*boat landing, barge bumpers* dan *walkways*).
3. Subkomponen dari pondasi antara lain : *skirt pile sleeves, skirt pile bracing, piles*.

Beberapa sistem *jacket* yang ada di dunia, mempunyai perbedaan utama mengenai jumlah kaki, konfigurasi *system bracing* serta serta fungsinya. Jumlah kaki pada setiap jacket bervariasi dari 1 (*monopod*) hingga 8 kaki dengan membentuk konfigurasi tertentu. Demikian juga dengan system konfigurasi bracingnya dari yang sederhana sampai yang kompleks (McClelland, 1986).



Gambar 2.2. Gambaran umum Jacket (Sumber : Planning and Design of Fixed Offshore Structure)

2.2.2 Teori Pembebanan

Pada suatu proses perancangan bangunan lepas pantai, untuk menentukan kemampuan kerja suatu struktur akan dipengaruhi oleh beban yang terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga perancang harus menentukan akurasi atau ketepatan beban yang akan diterapkan dalam perancangan. Adapun beban-beban yang harus dipertimbangkan dalam perancangan bangunan lepas pantai adalah sebagai berikut (Soedjono, J.J.,1999) :

1. Beban mati (*dead load*)
2. Beban hidup (*live load*)
3. Beban akibat kecelakaan (*accidental load*)
4. Beban lingkungan (*environmental load*)

2.2.2.1 Beban mati (*dead load*)

Beban mati (*dead load*) adalah beban dari komponen-komponen kering serta beban-beban dari peralatan, perlengkapan dan permesinan yang tidak berubah dari mode operasi pada suatu bangunan lepas pantai. Adapun beban mati tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Berat dari struktur bangunan lepas pantai, seperti tiang pancang, bangunan atas, *jacket, deck, railing, grout, anode, stiffeners* dan lain-lain.
- b. Berat peralatan dan permesinan yang tidak digunakan untuk pengeboran atau proses pengeboran.
- c. Berat perlengkapan tambahan lain yang dipasang permanen pada struktur, seperti *boad landing, risers, barge bumper*.

2.2.2.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup (*live load*) adalah beban yang terjadi pada *platform* atau bangunan lepas pantai selama dipakai/ berfungsi dan tidak berubah dari mode operasi satu ke mode operasi yang lain. Adapun yang termasuk beban hidup (*live load*) dapat digolongkan sebagai berikut:

- a. Berat peralatan pengeboran (*drilling*)
- b. Berat peralatan produksi atau *treatment*
- c. Berat pendukung pengeboran
- d. Berat pendukung *treatment*
- e. Beban pengeboran
- f. Beban akibat gaya-gaya yang terjadi pada struktur dari operasi

2.2.2.3 Beban Lingkungan (*Environmental Load*)

Beban lingkungan (*Environmental Load*) adalah beban yang terjadi karena dipengaruhi oleh lingkungan dimana suatu bangunan lepas pantai dioperasikan atau bekerja. Beban lingkungan yang biasanya digunakan dalam perancangan adalah:

1. Beban gelombang
2. Beban angin
3. Beban arus
4. Beban gempa

2.2.2.4 Beban Akibat Kecelakaan (*Accidental Load*)

Beban kecelakaan (*accidental load*) merupakan beban yang tidak dapat diduga sebelumnya yang terjadi pada suatu bangunan lepas pantai. Beban kecelakaan ini terjadi akibat dari:

- a. Tabrakan dengan kapal pemandu operasi
- b. Putusnya tali katrol (*crane*)
- c. Putusnya tali tambat (rantai jangkar, tali baja pengikat katrol)
- d. Kebakaran, letusan, *blow out*
- e. Benda yang jatuh mengenai deck, dan lain-lain

2.2.3 Analisa Statis Inplace pada Struktur Bangunan Lepas Pantai

Analisis statis (*static analysis*) adalah suatu analisis terhadap struktur *jacket* dimana gaya – gaya inersia yang timbul akibat percepatan struktur karena beban-beban dinamis (fluktuatif terhadap waktu) tidak dipertimbangkan (diabaikan). Sedangkan istilah “*inplace*” berarti kondisi setempat dimana anjungan itu berada, jadi dari *inplace analysis* adalah analisis struktur dalam kondisi berada di tempatnya (*offshore site*) dimana faktor – faktor eksternal (*environmental loads*) yang dipertimbangkan adalah khusus untuk kondisi setempat. (Waluyo P, Rudi. 2003).

2.2.3.1 Tahapan Dalam Analisis Statis

Tahapan dalam analisis statis dengan menggunakan program komputer dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Pendefinisian struktur melalui dimensi fisiknya, ukuran membernya dan properties material penyusunnya.
2. Nilai awal diameter dan ketebalan member ditentukan berdasarkan pengalaman sebelumnya untuk aplikasi yang serupa.
3. Dimensi keseluruhan ditentukan dari tata letak geladak (*deck layout*) yang memenuhi syarat operasionalnya.

Adapun parameter perancangan yang digunakan dalam pembuatan *detailed model* adalah sebagai berikut :

- *Slenderness ratio* / rasio kerampingan

$$\text{Slenderness ratio} = \frac{kL}{r}$$

Diamana: $k = \text{buckling length factor}$

$L = \text{panjang elemen}$

$r = \text{jari - jari girasi} = 0.35 D$

• *Diameter to wall thickness ratio (D/t)*

Karakteristik kedua yang penting adalah kestabilan penampang sebuah rangka tubular yang dinyatakan dalam ratio diameter dan tebal dinding (D/t) yang juga menunjukkan kestabilan terhadap *local buckling/hydrostatic collapse*. Besarnya harga D/t berkisar antara 19-90, bila harga D/t mendekati 70, maka harus dilakukan pemeriksaan *local buckling*. Dalam melakukan proses perancangan hal yang menjadi pertimbangan utama adalah kekuatan rancangan. Suatu rancangan dikatakan memenuhi criteria perancangan apabila pada setiap titiknya lebih kecil atau dengan tegangan ijin titik tersebut.

2.2.4 Prosedur Analisa Desain (*Design Level Analysis Procedure*)

Prosedur ini sama dengan prosedur yang dilakukan untuk struktur yang baru, termasuk perhitungan beban dan faktor keamanan, analisa desain ini digunakan untuk dapat memudahkan kita nantinya melakukan analisa ultimate strength dalam menentukan letak member kritisnya.

Pembebanan untuk analisa *in-place*

Kondisi Operasi

Masing-masing member, joint dan komponen dari pondasi harus di cek terhadap gaya (Q) yang disebabkan dari beban berikut ini :

$$Q = 1.3 D1 + 1.3 D2 + 1.5 L1 + 1.5 L2 + 0.9 \gamma_{FE} (W_o + \gamma_{FD} D_n) \quad (2.1)$$

Dimana :

D1 = beban mati 1 adalah berat struktur sendiri yang terdiri :

1. berat struktur di udara termasuk berat *pile*, *grouting* dan *ballast*.
2. berat peralatan yang berada di platform dan obyek lain yang terletak permanen di platform yang tidak akan pindah selama operasi.
3. gaya – gaya hidrostatik yang bekerja pada struktur di bawah permukaan air laut termasuk *internal* dan *eksternal pressure* dan *bouyancy*
4. air yang berada di dalam struktur baik yang permanen ada di dalam struktur maupun yang sementara.

D2 = beban mati 2 adalah beban yang berada di platform, disebabkan oleh peralatan dan obyek lain, beban ini bisa berubah dari satu moda operasi ke moda operasi lainnya, tapi masih berada di platform tersebut untuk waktu yang relatif lama, yang termasuk didalamnya adalah :

1. Berat dari peralatan pengeboran (*drilling*) dan peralatan produksi yang mana dapat ditambahkan ataupun dikurangi.
2. Berat dari *living quarter*, *heliport* dan peralatan pendukung keselamatan yang dapat ditambahkan ataupun dikurangi.

L1 = beban hidup 1 adalah berat dari persediaan-persediaan yang bersifat habis terpakai seperti : makanan, minuman, dan fluida dalam pipa dan tanki.

L2 = beban hidup 2 adalah gaya yang bersifat berdurasi cepat yang bekerja pada struktur seperti, pengangkatan *drill string*, pengangkatan oleh *crane*, operasi mesin, penambatan kapal/boat dan pendaratan helikopter.

W_o = gaya – gaya yang bekerja pada struktur berasal dari kombinasi gelombang, angin dan arus pada kondisi operasi (*1-yr return period*).

D_n = beban inersia pada saat respon total dinamis (statis dan inersia) maksimum. Untuk platform dengan periode natural rendah (kurang dari 3 detik), **D_n** diabaikan.

Kondisi Badai

Masing – masing member, joint dan komponen dari pondasi harus di cek terhadap gaya (**Q**) yang disebabkan dari beban berikut ini :

$$Q = 1.1 D1 + 1.1 D2 + 1.1 L1 + \gamma_{FE} (W_e + \gamma_{FD} D_n) \quad (2.2)$$

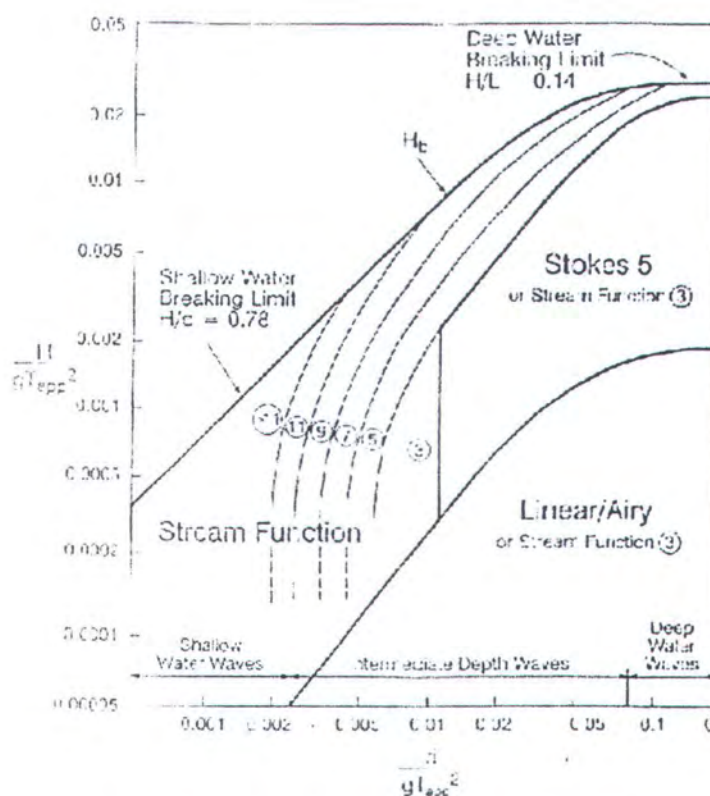
Dimana **D1**, **D2**, **L1** dan **D_n** sudah didefinisikan di atas, sedangkan **W_e** adalah :

W_e = gaya – gaya yang bekerja pada struktur berasal dari kombinasi gelombang, angin dan arus pada kondisi operasi (*100-yr return period*).

2.2.5 Teori Gelombang

Dalam perhitungan beban gelombang, maka teori gelombang yang digunakan disesuaikan dengan grafik *validitas* teori gelombang. *Validitas* teori gelombang ini dikembangkan oleh

R. G. Dean (1968) dan B. Le Mehaute (1970) (Chakrabarti, 1987) seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Grafik Region of Validity (sumber : API RP 2A WSD, 1993)

Diagram ini membagi daerah yang berlaku bagi masing-masing teori gelombang berdasarkan perbandingan H/gT^2 sebagai ordinat dan d/gT^2 sebagai absis. Penentuan teori gelombang ini berdasarkan pada data lingkungan struktur tersebut diinstalasi, seperti tinggi gelombang H (ft), kedalaman d (ft) dan periode gelombang T (detik). Teori gelombang yang sering dipakai dalam analisa struktur *jacket* ialah teori gelombang linier airy dan teori gelombang non-linier stokes orde 5.

2.2.5.1 Teori Gelombang Stokes Orde 5

Teori stokes orde 5 ini ditemukan oleh Skjelbreia (1959) dan Wiegel (1964) yang digunakan dalam analisis keakuratan pada kecuraman gelombang H/λ . Teori ini kemudian dikembangkan oleh Skjelbreia dan Hendrickson (1961). Persamaan kecepatan partikel air berawal dari persamaan berikut:

$$u = \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (2.3)$$

$$w = \frac{\partial \phi}{\partial z} = \frac{\partial \phi}{\partial s} \quad (2.4)$$

Dari persamaan di atas, didapat persamaan kecepatan partikel air seperti di bawah ini:

$$u = C \sum_{n=1}^5 n F_n \cos n\theta \cosh nks \quad (2.5)$$

$$w = C \sum_{n=1}^5 n F_n \sin n\theta \sinh nks \quad (2.6)$$

Dari persamaan kecepatan di atas didapat diferensial berupa percepatan partikel air laut sebagai berikut:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = kc^2 \sum_{n=1}^5 n^2 F_n \sin n\theta \cosh nks \quad (2.7)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = kc^2 \sum_{n=1}^5 n^2 F_n \cos n\theta \sinh nks \quad (2.8)$$

Persamaan profil gelombang (η) pada *Still Water Level* (SWL) adalah:

$$\eta = \frac{1}{k} \sum_{n=1}^5 n F_n \cos(kx - \omega t) \quad (2.9)$$

Kecepatan potensial partikel gelombang dirumuskan sebagai berikut:

$$\Phi = \frac{c}{k} \sum_{n=1}^5 \lambda_n \cosh(nks) \sin n\Theta \quad (2.10)$$

Tinggi gelombang untuk stoke's sebagai berikut :

$$H = \frac{2}{k} [\lambda + B_{33} \lambda^3 + (B_{35} + B_{55}) \lambda^5] \quad (2.11)$$

2.2.5.2 Gaya Gelombang pada Silinder Tegak

Sarpkaya (1981) telah memberikan garis besar dalam menganalisa gaya gelombang pada suatu struktur. Untuk menghitung gaya gelombang dibutuhkan model dari kondisi gelombang yang didapat dari pencatatan data gelombang, arus dan angin dari lokasi yang direncanakan.

Gaya gelombang yang bekerja pada silinder tegak merupakan penjumlahan langsung dari gaya inersia dan gaya drag. Sedangkan gaya inersia merupakan penjumlahan antara gaya *froude-krylov* dengan gaya yang disebabkan oleh massa tambah. Dalam perhitungan gaya gelombang bangunan lepas pantai maka persamaan Morrison sering dipakai (Chakrabarti,

1987). Untuk dapat memakai rumusan Morrison ini maka perlu lebih dahulu mengetahui batasan-batasan yang digunakan oleh Morrison dalam menghitung gaya yang ditimbulkan oleh gelombang. Secara lengkap syarat – syarat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

$D/\lambda > 1$; pada kondisi ini gelombang mendekati pemantulan murni

$D/\lambda > 0.2$; pertambahan gaya gelombang oleh difraksi gelombang perlu diperhatikan

$D/\lambda < 0.2$; penggunaan rumus *Morrison* adalah valid

Persamaan yang diberikan oleh Morrison untuk perhitungan beban gelombang, yaitu:

$$f_w = f_d + f_i$$

$$F_w = \int_0^z \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot D \cdot u|u| + \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot C_m \cdot a_x \right) dz \quad (2.12)$$

dimana :

f_w = gaya gelombang per unit panjang

f_d = gaya *drag* per unit panjang

f_i = gaya inersia per unit panjang

D = diameter luar *member Chord*

C_d = koefisien *drag* untuk *Chord*

C_m = koefisien inersia untuk *Chord*

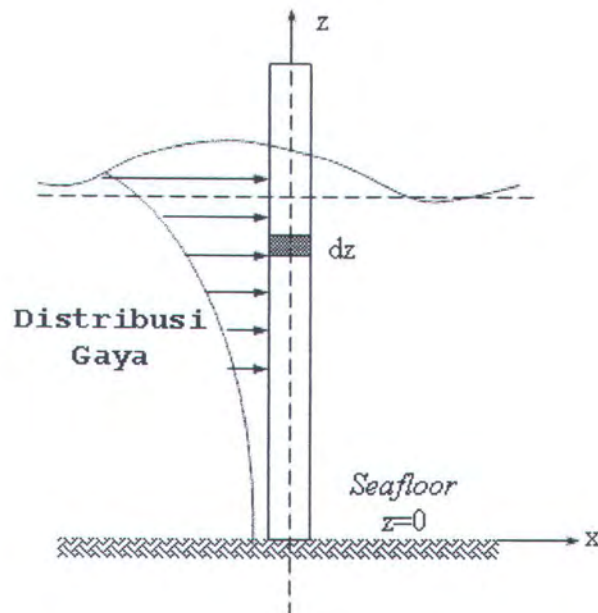
ρ = massa jenis air laut

u = kecepatan horisontal partikel air laut

a_x = percepatan horizontal partikel air laut

Untuk me-*linear*-kan suku $u|u|$ pada persamaan Gaya *Drag* memakai formulasi sebagai berikut :

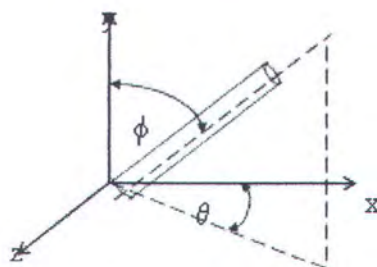
$$u|u| = \frac{8}{3 \cdot \pi} \cdot u^2 \quad (2.13)$$



Gambar 2.4. Gaya gelombang pada Silinder Tegak (Dawson, T.H., 1976)

2.2.5.3 Gaya Gelombang pada Silinder Miring

Untuk perhitungan beban gelombang pada *brace* baik *horizontal* maupun *diagonal brace* digunakan rumus Morrison yang telah dimodifikasi (Chakrabarty et.al, 1975) untuk menghitung gaya gelombang pada silinder miring dengan arah sembarang. Dalam rumusan ini kecepatan dan percepatan diuraikan menjadi dua (2) komponen, yaitu normal dan tangensial terhadap sumbu aksis lokal silinder, tetapi dalam aplikasinya hanya komponen normal saja yang digunakan untuk menghitung besarnya gaya gelombang.



Gambar 2.5. Orientasi Arah Gaya Gelombang pada Silinder Miring (Dawson, T.H., 1976)

Silinder akan dilalui oleh partikel air yang mempunyai kecepatan horizontal u dan kecepatan vertikal v , percepatan horizontal a_x , dan percepatan vertikal a_y . Dengan menggunakan transformasi sumbu koordinat dapat ditentukan arah silinder terhadap

masing-masing sumbu koordinat. Harga dari komponen-komponen normal (∇) terhadap silinder aksis adalah :

$$\nabla = \left[u^2 + v^2 - (c_x u + c_y v)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.14)$$

Komponen kecepatan normal yang searah dengan sumbu x, t, dan z berturut-turut adalah :

$$\begin{aligned} u_n &= u - c_x (c_x u + c_y v) \\ v_n &= v - c_y (c_x u + c_y v) \\ w_n &= -c_z (c_x u + c_y v) \end{aligned} \quad (2.15)$$

dimana :

$$\begin{aligned} c_x &= \sin \phi \cdot \cos \theta \\ c_y &= \cos \theta \\ c_z &= \sin \phi \cdot \sin \theta \end{aligned} \quad (2.16)$$

Komponen percepatan normal dalam arah x, y, dan z diberikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} a_{nx} &= a_x - c_x (c_x a_x + c_y a_y) \\ a_{ny} &= a_y - c_y (c_x a_x + c_y a_y) \\ a_{nz} &= -c_z (c_x a_x + c_y a_y) \end{aligned} \quad (2.17)$$

Dengan demikian rumusan Morrison untuk gaya per satuan panjang untuk masing-masing sumbu menjadi :

$$\begin{aligned} \partial F_x &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Cd \cdot D \cdot \nabla \cdot u_n + \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot Cm \cdot a_{nx} \\ \partial F_y &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Cd \cdot D \cdot \nabla \cdot v_n + \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot Cm \cdot a_{ny} \\ \partial F_z &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Cd \cdot D \cdot \nabla \cdot w_n + \frac{1}{4} \cdot \rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot Cm \cdot a_{nz} \end{aligned} \quad (2.18)$$

Gaya yang bekerja sepanjang pipa diperoleh dengan jalan mengintegralkan gaya per satuan panjang pada persamaan di atas sepanjang pipa silinder, menjadi :

$$\begin{aligned} F_x &= \int \partial F_x ds \\ F_y &= \int \partial F_y ds \\ F_z &= \int \partial F_z ds \end{aligned} \quad (2.19)$$

Pada akhirnya didapatkan bahwa gaya total yang bekerja pada silinder adalah :

$$F = \left(F_x^2 + F_y^2 + F_z^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.20)$$

2.2.6 Teori Pemodelan Struktur

2.2.6.1 Pemodelan Secara Umum

Model suatu struktur merupakan kunci utama dalam suatu analisis, tanpa adanya model tidak akan terjadi proses suatu analisis. Model bisa berupa fisik, matematis, dan grafik. Model dapat digunakan untuk menerangkan desain atau rancangan. Model harus mampu mendemonstrasikan *suitability*, *workability* dan *constructability* dari konsep. Model dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama yaitu *display model* dan *engineering model*. Dalam tugas akhir ini akan menggunakan model matematis sebagai dasar analisis. Model matematis merupakan suatu model yang dapat mendeskripsikan dimensi dan karakteristik dari prototipe kedalam formulasi matematis.

Model harus bisa memenuhi prinsip kesamaan yang mencakup (Chakrabarti S.K.,1994):

1. Kesamaan Geometrik

Kesamaan geometrik dapat dipenuhi apabila model dan protipe memiliki kesamaan geometrik baik ukuran maupun bentuk. Ada dua macam prinsip kesamaan geometrik:

- Kesamaan geometrik sempurna (*Undistorted*)
- Kesamaan geometrik terdistorsi (*distorted*)

Pada *undistorted model*, skala panjang dan lebar (horisontal) serta skala tinggi (vertikal) adalah sama. Untuk *distorted model*, skala ke arah horisontal dan ke arah vertikal tidak sama. Apabila dimungkinkan model dibuat dengan tanpa distorsi, sedangkan pada permasalahan khusus model dapat dilakukan dengan distorsi namun harus memenuhi beberapa persyaratan tertentu.

2. Kesamaan Kinematis

Sebangun kinematik terjadi antara prototipe dan model jika prototipe dan model sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan di dua titik yang bersangkutan pada prototipe dan model pada arah yang sama adalah sama besar.

3. Kesamaan Dinamis

Jika prototipe dan model sebangun geometrik dan kinematik, serta perbandingan gaya-gaya yang bersangkutan pada model dan prototipe untuk seluruh aliran pada arah yang sama adalah sama besar, maka dapat dikatakan bahwa keduanya sebangun dinamik.

2.2.6.2 Pemodelan Struktur Jacket

Dalam pemodelan struktur anjungan lepas pantai dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yakni : pemodelan global atau *stick model* dan pemodelan struktur lokal atau *detailed model*.

Stick model merupakan pemodelan struktur dengan pendekatan *lumped mass method* atau *discret element method* dengan menerapkan prinsip *equivalent model* dengan kondisi struktur sebenarnya. Metode ini merupakan penyederhanaan struktur dalam bentuk struktur global untuk menangkap respons struktur berupa gaya tumpuan dan perpindahan, sehingga pemodelan ini dapat dilakukan dengan cepat dan tanpa menuntut tersedianya fasilitas komputer yang cukup canggih.

Detailed model menggunakan pendekatan metode elemen hingga atau *finite element method* yang merupakan suatu metode pemodelan dan analisa struktur yang lebih kompleks dan detail. Model dari *jacket* digambarkan dalam bentuk 3 dimensi yang terdiri dari *chord* dan *brace*. Metode ini menjadikan bentuk fisik model struktur sebagai suatu sistem linier yang berkesinambungan dengan jalan membagi bentuk fisik struktur menjadi kelompok elemen yang lebih kecil. Elemen – elemen ini dihubungkan dengan simpul – simpul (*nodes*) sehingga menjadi suatu sistem yang kontinyu. Sebagai acuan perhitungan dalam metode elemen hingga biasanya adalah *displacement method*, yaitu perpindahan dari dari simpul – simpul yang dianalisa dinyatakan sebagai parameter yang belum diketahui.

Model juga harus memenuhi kriteria yang meliputi (Murdjito,1997) :

- Model harus mampu memberikan hasil respon yang andal sehubungan dengan parameter-parameter perancangan, seperti perpindahan horizontal geladak, kelenturan kaki dan lain-lain.

- Model harus mampu memberikan gambaran yang jelas tentang peranan parameter-parameter perancangannya, baik untuk sistem yang linier maupun sistem yang tidak linier.
- Model harus fleksibel terhadap berbagai jenis analisis.

2.2.7 Konsep Tegangan

Bila suatu struktur mengalami pembebanan, maka pada elemen-elemen pembentuk struktur tersebut selain akan terjadi lendutan juga akan timbul tegangan. Tegangan menyatakan aksi terbesar yang terjadi secara internal antara elemen-elemen yang berdekatan dengan struktur. Analisis tegangan dengan metode statis ini berdasarkan hukum Hooke yang menganggap bahan bersifat elastis linier, sehingga prinsip superposisi bisa digunakan untuk menggabungkan tegangan akibat berbagai sistem pembebanan. (Popov, 1993)

2.2.7.1 Tegangan Normal / Aksial (axial stress)

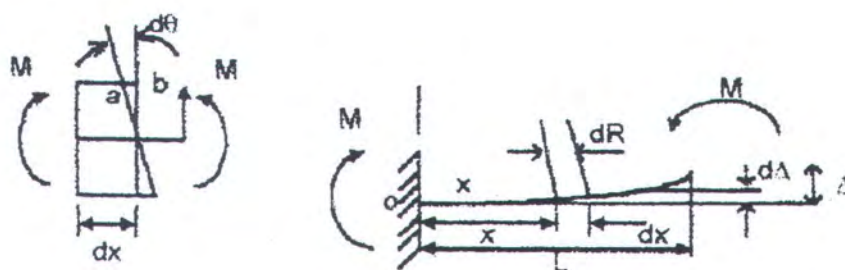
Pada Gambar 2.6 batang mengalami pembebanan aksial akibat gaya tarik P . Akibat gaya ini, batang akan mengalami tegangan aksial sebesar :

$$F = \frac{P}{A} \quad \text{dengan, } A = \text{luas penampang lintang} \quad (2.21)$$



Gambar 2.6 Pembebanan aksial pada batang tubular (Popov, 1993)

Selain akibat gaya aksial, tegangan aksial dapat diakibatkan juga oleh momen lentur murni akibat kopel M yang terjadi disetiap ujungnya (Gambar 2.7). Tegangan yang terjadi akibat momen ini dikenal sebagai *bending stress* atau tegangan lentur.



Gambar 2.7 Pembebanan momen kopel pada batang tubular (Popov, 1993)

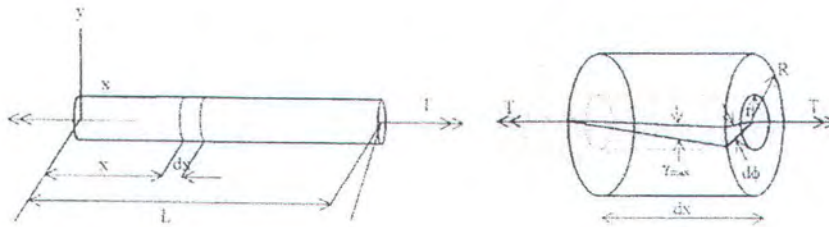
dimana :

y = jarak dari sumbu netral ke sembarang titik A pada penampang

I_z = momen inersia bidang penampang melintang terhadap sumbu z

2.2.7.2 Tegangan Geser

Batang penampang bulat juga akan mengalami tegangan geser walau besarnya tidak begitu berarti. Penyebab paling besar terjadinya tegangan geser pada elemen penampang bulat seperti pada kaki struktur *jacket* adalah momen puntiran aksial. Pada Gambar 2.8 tampak batang mengalami pembebanan puntiran T pada kedua ujungnya.



Gambar 2.8 Gaya puntiran pada batang silinder (Popov, 1993)

Tegangan maksimum yang akan terjadi pada permukaan luar batang dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma = \frac{T \cdot R}{J} \quad (2.22)$$

dimana : J = momen inersia kutub

T = momen torsi terkonsentrasi

R = jari-jari penampang batang

Nilai J :

$$J = \frac{\pi}{2} (R_0^4 - R_1^4) \quad \text{untuk circular ring} \quad (2.23)$$

$$J = \frac{\pi}{2} (R^4) \quad \text{untuk round bar} \quad (2.24)$$

Tegangan geser yang bekerja pada penampang melintang lingkaran selalu berarah tegak lurus jari-jari dan mempunyai arah yang sama dengan momen puntir.

2.2.7.3 Tegangan untuk member silinder (API RP2A - LRFD, 1993) :

➤ Tegangan tarik (*axial tension*)

$$f_t \leq \phi_t F_y \quad (2.25)$$

dimana :

F_y = kekuatan nominal *yield*

f_t = tegangan tarik aksial

ϕ_t = faktor tahanan untuk kekuatan tarik, 0.95

➤ Tegangan tekan (*axial compression*)

$$f_c \leq \phi_c F_{cn} \quad (2.26)$$

dimana :

F_{cn} = kekuatan nominal tekan aksial

f_c = tegangan tekan aksial

ϕ_c = faktor tahanan untuk kekuatan tekan aksial, 0.85

(1) *Column buckling*

$$F_{cn} = [1.0 - 0.25 \lambda^2] F_y \quad \text{untuk } \lambda < \sqrt{2} \quad (2.27)$$

$$F_{cn} = \frac{1}{\lambda^2} F_y \quad \text{untuk } \lambda \geq \sqrt{2}$$

$$\lambda = \frac{KL}{\pi r} \left[\frac{F_y}{E} \right]^{0.5}$$

dimana :

λ = parameter kerampingan kolom

E = modulus Young

K = faktor panjang efektif

L = panjang *unbraced*

R = jari-jari girasi



(2) *Local buckling*

a. *Elastic local buckling stress*

$$F_{xe} = 2 C_x E (t/D) \quad (2.28)$$

dimana :

F_{xe} = kekuatan nominal lokal *elastic buckling*

C_x = koefisien elastis kritis bukling

D = diameter luar
 t = ketebalan dinding
 x = sumbu longitudinal pada member

b. Inelastic local buckling stress

$$\begin{aligned}
 F_{xc} &= F_y && \text{untuk } \frac{D}{t} \leq 60 \\
 F_{xc} &= \left[1.64 - 0.23 \left(\frac{D}{t} \right)^{1/4} \right] F_y && \text{untuk } \frac{D}{t} > 60
 \end{aligned} \tag{2.29}$$

dimana :

F_{xc} = kekuatan nominal lokal *inelastic buckling*

➤ Tegangan tekuk (*bending*)

$$f_b \leq \phi_b F_{bn} \tag{2.30}$$

dimana:

f_b = M/S , tegangan *bending* akibat faktor beban. $M \leq M_p$;
 ketika $M > M_y$, f_b ekuivalen dengan tegangan elastis *bending*

S = modulus elastis

M = momen *bending*

M_p = momen plastis

M_y = momen elastis *yield*

ϕ_b = faktor tahanan untuk kekuatan *bending*, 0.95

F_{bn} = kekuatan nominal *bending*

$$\begin{aligned}
 F_{bn} &= (Z/S) F_y && \text{untuk } D/t \leq 10340/F_y \text{ (} F_y \text{ dalam Mpa)} \\
 &&& \text{untuk } D/t \leq 1500/F_y \text{ (} F_y \text{ dalam ksi)}
 \end{aligned} \tag{2.31}$$

$$\begin{aligned}
 F_{bn} &= [1.13 - 2.58 (F_y D/E t)] (Z/S) F_y \\
 &&& \text{untuk } 10340/F_y < D/t \leq 20680/F_y \text{ (} F_y \text{ dalam Mpa)} \\
 &&& \text{untuk } 1500/F_y < D/t \leq 3000/F_y \text{ (} F_y \text{ dalam ksi)}
 \end{aligned}$$

$$F_{bn} = [0.94 - 0.76(F_y D / Et)] (Z/S) F_y$$

untuk $20680/F_y < D/t \leq 300$ (F_y dalam Mpa)

untuk $3000/F_y < D/t \leq 300$ (F_y dalam ksi)

dimana :

Z = modulus plastis

➤ Tegangan geser

$$f_v \leq \phi_v F_{vn} \quad (2.32)$$

$$f_v = \frac{2V}{A} \quad (2.33)$$

dimana :

F_{vn} = kekuatan nominal geser, $F_y/\sqrt{3}$

f_v = maksimum tegangan geser

V = gaya geser *beam*

A = luasan bagian melintang

ϕ_v = faktor tahanan untuk kekuatan geser, 0.95

➤ Tegangan geser torsi

$$f_{vt} \leq \phi_v F_{vtn} \quad (2.34)$$

$$f_{vt} = \frac{M_{vt} D}{2I_p} \quad (2.35)$$

dimana :

f_{vt} = tegangan geser torsi

F_{vtn} = kekutan nominal torsi $F_y/\sqrt{3}$

M_{vt} = momen torsi

I_p = momen inersia polar

2.2.8 Mekanisme Keruntuhan

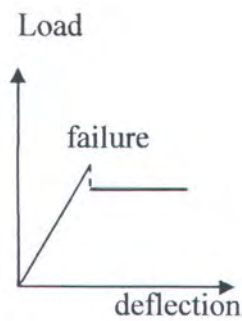
Berbagai moda kegagalan dalam struktur tergantung pada konfigurasi bentuk dan material member, kondisi pembebanan, dan lain-lain. Untuk menilai keandalan struktur, moda kegagalan dan batas keamanan harus diberikan. Perhitungan batas keamanan untuk struktur *frame* yang terkena beban kombinasi dengan pertimbangan (Murotsu dan Christensen, 1986) :

1. Member adalah homogen dan hanya beban terpusat yang bekerja. Pada struktur *frame* seperti itu, bagian kritis dimana *plastic hinge* terbentuk, terdapat pada *joint* dan tempat dimana beban terpusat bekerja. Karena itu bagian yang potensial terjadi *plastic hinge* dianggap sebagai ujung member sebagai sarana analisa struktur.
2. Luluh sebagian terjadi jika fungsi *yield* sama dengan nol ($F_k = 0$). Fungsi *yield* ditentukan oleh dimensi dan tegangan luluh pada member.
3. Perlakuan secara mekanik dari material adalah *elasto-plastic* atau *elasto brittle*, dimana bagian *plastic hinge* mengikuti teori deformasi plastis.

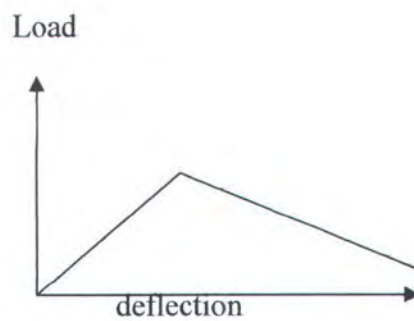
Setiap elemen struktur memiliki beberapa moda kegagalan. Sebuah *beam* dapat mengalami gagal *buckling* atau *bending*. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik material apakah *brittle* atau *ductile*.

Kegagalan elemen juga dapat terjadi pada *tubular joint*. Umumnya moda keruntuhan pada *tubular joint* adalah *buckling* pada percabangan, pada *chord* atau kelelahan pada las-lasan. Dua tipe kegagalan elemen adalah *perfectly brittle failure element* dan *perfectly ductile failure element*. *Perfectly brittle failure element* terjadi bila elemen tidak efektif setelah mengalami kegagalan dan tidak memiliki daya tahan pembebanan yang mengakibatkan keruntuhan. Jika kegagalan elemen dipertahankan oleh daya dukung elemen setelah mengalami kegagalan, disebut *perfectly ductile failure element*.

Namun dua tipe utama kegagalan diatas belum dapat menggambarkan perilaku semua jenis material. Ada beberapa moda kegagalan yang mungkin terjadi, yaitu *semi brittle single step linearized* dan *semi ductile post failure behavior* seperti terlihat pada Gambar 2.9. (Rosyid,D.M, 1992).



(a) semi brittle single step linearized



(b) Semi ductile post failure behavior

Gambar 2.9 Moda kegagalan elemen. (Rosyid,D.M, 1992).

Kapasitas kekuatan penahan diberikan dengan parameter γ , dimana $0 < \gamma < 1$. Untuk $\gamma = 0$ menyatakan perilaku *brittle*, dan untuk $\gamma = 1$ menyatakan perilaku *ductile*.

2.2.9 Lendutan Pada Struktur Jacket dengan FEM

Penyelesaian suatu permasalahan dalam bidang rekayasa umumnya menghasilkan ekspresi/model matematik yang melibatkan kondisi batas (*boundary condition*), sifat material, ketidaklinieran dan sebagainya, sehingga jarang sekali model matematis untuk masalah-masalah teknik yang bisa diselesaikan secara analitis. Keadaan inilah yang memaksa *engineer* menggunakan analisa numerik yang kendatipun hasilnya hanya bersifat pendekatan tetapi dianggap cukup dapat diterima. Perhitungan lendutan dan tegangan di sepanjang elemen *space-frame* adalah salah satu masalah teknik yang cukup populer dalam bidang rekayasa lepas pantai.

Pendekatan-pendekatan numerik ini, berdasarkan sifatnya selalu menggunakan informasi-informasi pada *joint*. Proses penentuan *joint* ini disebut *discretization*. Salah satu caranya adalah dengan membagi suatu sistem menjadi bagian-bagian atau elemen-elemen yang lebih kecil. Pemecahan masalah kemudian dilakukan pada elemen-elemen kecil ini, yang selanjutnya digabungkan kembali sehingga didapatkan pemecahan masalah secara keseluruhan. Metode ini dikenal dengan *finite element method* atau metode elemen hingga. Pada prinsipnya metode elemen hingga memperlakukan suatu sistem sebagai gabungan dari elemen-elemen kecil yang digabungkan satu sama lain oleh titik-titik yang disebut *joint/node*.

Fungsi yang sederhana umumnya dipilih untuk mendekati distribusi atau variasi lendutan yang sesungguhnya pada tiap elemen tersebut. Fungsi yang harus memenuhi syarat-syarat tertentu itu disebut dengan *displacement function* atau *displacement model*. Hasil yang diinginkan seperti besar lendutan, dihitung pada *joint*, sehingga hasil akhir yang diperoleh adalah harga pendekatan dari lendutan pada lokasi-lokasi diskrit dari sistem yang diselidiki, yaitu pada *nodes-point*-nya tersebut.

Struktur *jacket* yang terdiri dari *chord* dan *brace* adalah suatu sistem yang terdiri dari banyak elemen *space-frame*. Elemen *space frame* sebenarnya adalah gabungan dari dua macam elemen, yaitu elemen *truss* dan *beam* dalam koordinat global tiga dimensi. Pengasumsian ini didasarkan pada pembebanan dan lendutan yang akan terjadi pada elemen *space frame* tersebut.

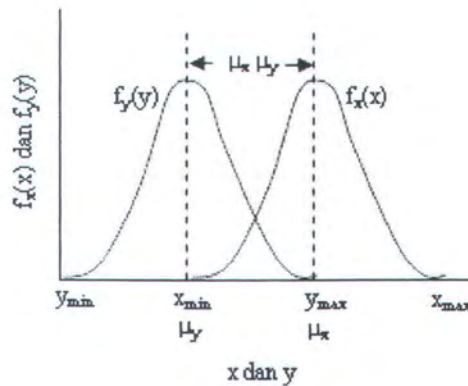
Elemen *truss* adalah elemen yang akan mengalami pembebanan dan lendutan pada arah aksial (pada arah sumbu elemen) sedang elemen *beam* akan mengalami pembebanan, lendutan dan momen ke arah lateral. Elemen *chord* dan *brace* pada struktur *jacket* akan mengalami pembebanan dari segala arah (aksial dan lateral) dalam ruang sehingga elemen *chord* dan *brace* tersebut akan mengalami lendutan dan momen ke segala arah pula. Jadi pendekatan model elemen yang paling baik untuk elemen *chord* dan *brace* ini adalah gabungan antara elemen *truss* dan *beam* dalam koordinat global tiga dimensi atau *space frame*.

2.2.10 Keandalan Pada Sistem Rekayasa.

Sistem dari keandalan pada dasarnya dapat ditunjukkan sebagai problematika antara Demand (tuntutan atau beban) dan Capacity (kapasitas atau kekuatan). Secara tradisional didasarkan atas *safety factor* (angka keamanan) yang diperkenankan. Ukuran konvensional untuk angka keamanan adalah perbandingan antara asumsi nilai nominal kapasitas, X^* , dan beban, Y^* , yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Z^* = \frac{X^*}{Y^*} \quad (2.36)$$

Mengingat nilai nominal dari kapasitas, X^* dan beban, Y^* tidak dapat ditentukan dengan pasti, fungsi-fungsi kapasitas dan beban perlu dinyatakan sebagai peluang sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.10. Dengan demikian, angka keamanan dinyatakan dengan perbandingan $Z = X/Y$ dari dua variabel acak X dan Y.



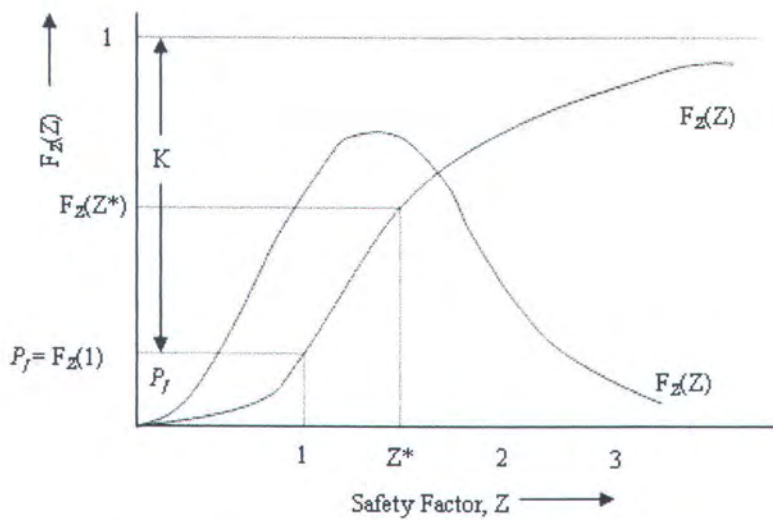
Gambar 2.10 Fungsi kerapatan peluang (fkp) dari kapasitas X dan tuntutan Y

Ketidakmampuan suatu sistem untuk memenuhi tuntutan dan tugasnya, yang diukur dengan peluang kegagalan, dapat dihubungkan dengan bagian dari distribusi angka keamanan yang nilainya kurang dari satu, yaitu porsi dalam dimana $Z = X/Y \leq 1$ (lihat Gambar 2.11). Peluang kegagalan sistem, P_f diberikan dengan persamaan:

$$P_f = P[Z \leq 1] = F_z(1) \quad (2.37)$$

Dimana F_z adalah fungsi distribusi komulatif dari Z. dengan pernyataan lain, peluang sistem untuk tidak gagal (keandalan) adalah:

$$K = 1 - P_f = P[Z > 1] = 1 - F_z(1) \quad (2.38)$$



Gambar 2.11 Fungsi distribusi kumulatif dan fungsi kerapatan peluang pada angka keamanan $Z = X/Y$

Ketika distribusi peluang bersama (joint probability distribution) dan X dan Y diketahui, keandalan sebuah sistem dapat dihitung berdasarkan fungsi distribusi kumulatif dari X/Y . Peluang kegagalan nol ($P_f = 0$) dan keandalan 100 ($K = 1$) hanya terjadi ketika tuntutan maksimum Y_{\max} tidak melewati kapasitas minimum X_{\min} , sehingga kedua distribusi tidak saling overlap.

▪ **Safety Margin (Margin Keamanan)**

Jika demand maksimum Y_{\max} melampaui kapasitas maksimum X_{\min} , distribusi keduanya akan mengalami overlap dan probabilitas kegagalan tidak lagi bernilai nol. Untuk menilai probabilitas, dapat diambil perbedaan diantara kapasitas dan beban, yang biasanya disebut dengan margin keamanan atau safety margin, S :

$$S = X - Y \quad (2.39)$$

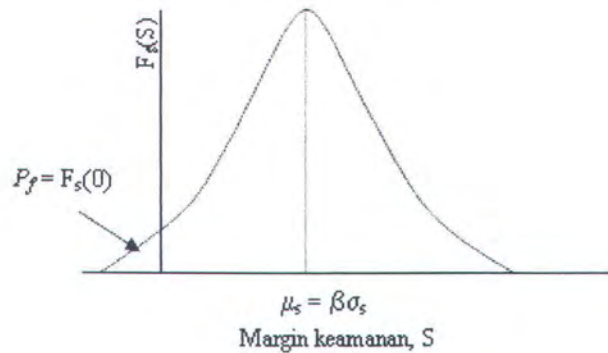
Oleh karena nilai X dan Y adalah acak, margin keamanan juga merupakan perubah acak sebagaimana dipresentasikan pada Gambar 2.12

Ketidakmampuan suatu sistem untuk memenuhi tuntutannya, yang diukur dengan peluang kegagalan P_f , dapat diperkirakan menggunakan fungsi kerapatan peluang dari margin keselamatan, yaitu pada bagian dimana S bernilai negatif, atau $S = X - Y \leq 0$. Sehingga dapat dituliskan:

$$P_f = P[(X - Y) \leq 0] = P[S \leq 0] \quad (2.40)$$

dan sebaliknya, keandalannya adalah

$$K = 1 - P_f = P[(X - Y) > 0] = P[S > 0] \quad (2.41)$$



Gambar 2.12 fkp untuk batas margin S

▪ Indeks Keandalan

Cara lain untuk mengukur keandalan adalah dengan cara menggunakan indeks keandalan β , yang didefinisikan sebagai perbandingan antara nilai rata-rata dan nilai simpangan baku dari margin keselamatan, S, yaitu:

$$\beta = \frac{\mu_S}{\sigma_S} \quad (2.42)$$

Jika menggunakan nilai kritis margin keselamatan, $S = 0$, dan jaraknya dengan nilai rata-rata margin keamanan μ_S , maka indeks keandalan ini dapat diinterpretasikan sebagai jumlah kelipatan simpangan baku σ_S pada jarak ini. Artinya, jarak antara $S = 0$ dengan μ_S ini dapat dibagi menjadi beberapa simpangan baku. Semakin panjangnya, relatif terhadap simpangan baku, maka semakin besar indeks keandalannya. Selanjutnya, indeks keandalan juga berbanding terbalik dengan koefisien variasi margin keselamatan, atau dapat dituliskan $\beta = 1/V_S$.

Untuk menghasilkan ekspresi yang lebih umum atas indeks keandalan, dapat digunakan persamaan yang secara sependek dibahas pada bagian sebelumnya. Mengingat $\mu_S = \mu_X - \mu_Y$, dan $\sigma^2_S = \sigma^2_X - 2\rho_{XY}\sigma_X\sigma_Y + \sigma^2_Y$, maka:

$$\beta = \frac{\mu_X - \mu_Y}{\sqrt{\sigma_X^2 - 2\rho_{XY}\sigma_X\sigma_Y + \sigma_Y^2}} \quad (2.43)$$

Dimana ρ_{XY} adalah koefisien korelasi diantara kapasitas dan beban. Oleh karena itu, indeks keandalan adalah maksimum jika $\rho_{XY} = +1$ dan minimum jika $\rho_{XY} = -1$. Untuk X dan Y terdistribusi normal, maka peluang kegagalan adalah:

$$P_f = 1 - \Phi(\beta) \quad (2.44)$$

dan $K = \Phi(\beta)$

2.2.11 Advanced First Orde Second Moment (AFOSM)

Beban dan ketahanan diasumsikan sebagai variabel acak serta beberapa informasi statistik diperlukan untuk menentukan distribusi peluang yang akan digunakan. Model matematis yang diturunkan dari variabel ketahanan dan beban untuk kondisi batas diberikan :

$$g(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \quad (2.45)$$

dengan X_i = variabel ketahanan atau beban (mewakili R dan Q). Kegagalan dapat terjadi ketika $g < 0$ untuk kondisi batas ultimate ataupun pada kondisi operasi.

Dalam penggunaan metode AFOSM, variabel X_i ditransformasikan dengan mengurangkan variabel yang ada dengan *zero mean* dan varians melalui persamaan :

$$X_i = (X_i - \mu_{xi}) / \sigma_{xi} \quad (2.46)$$

Indeks keandalan pada struktur (β) didefinisikan sebagai jarak terpendek antara permukaan, $g=0$ dan titik asal. Titik-titik ($X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*$) pada $g=0$ merupakan jarak terpendek dengan titik asal yang sering disebut sebagai titik desain yang ditentukan dengan menyelesaikan persamaan berikut ini :

$$\alpha = \frac{\partial g / \partial X_i}{\left[\sum (\partial g / \partial X_i)^2 \right]^{1/2}} \quad (2.47)$$

$$X_i^* = -\alpha_i \beta \quad (2.48)$$

Titik-titik ($X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*$) berada diatas rentang distribusi peluang untuk parameter beban dan berada di bawah rentang distribusi peluang untuk variabel ketahanan. Jika perlu, faktor beban dan ketahanan γ_i untuk desai ditentukan dengan :

$$\gamma_i = X_i^* / X_{n,i} \quad (2.49)$$

dimana $X_{n,i}$ adalah parameter desain beban dan ketahanan sesuai spesifikasi pada standar perancangan. Kejadian ini kemungkinan berupa rata-rata kejadian selama N tahun, rata-rata pembebanan maksimum selama T tahun dan variabel-variabel yang lain.

Ambang keselamatan untuk rekayasa keandalan pada struktur didefinisikan sebagai :

$$M = R - L \quad (2.50)$$

dimana:

R = faktor ketahanan (*resistance atau strength factor*)

L = faktor beban (*load factor*)

Sedangkan definisi ambang keselamatan terhadap kelelahan dengan menggunakan faktor kerusakan (D) yang diturunkan melalui distribusi Weibull adalah sebagai berikut :

$$M_F = \Delta - D \quad (2.51)$$

2.2.12 Kekuatan Sisa Struktur

▪ *Reserve Strength Ratio*

Adalah perbandingan Antara *Base Shear* pada saat struktur *collapse* dengan *Base Shear* pada desain awal. Dengan Keadaan Struktur tidak mempunyai sejarah kerusakan.

$$RSR = \frac{BS_{ult_undamage}}{BS_{desain}} \quad (2.52)$$

▪ *Damage Strength Ratio*

Adalah perbandingan Antara *Base Shear* pada saat struktur *collapse* dengan *Base Shear* pada desain awal. Dengan keadaan struktur Sudah ada kerusakan pada bagian memernya.

$$DSR = \frac{BS_{ult_damage}}{BS_{desain}} \quad (2.53)$$



BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pemodelan secara Umum

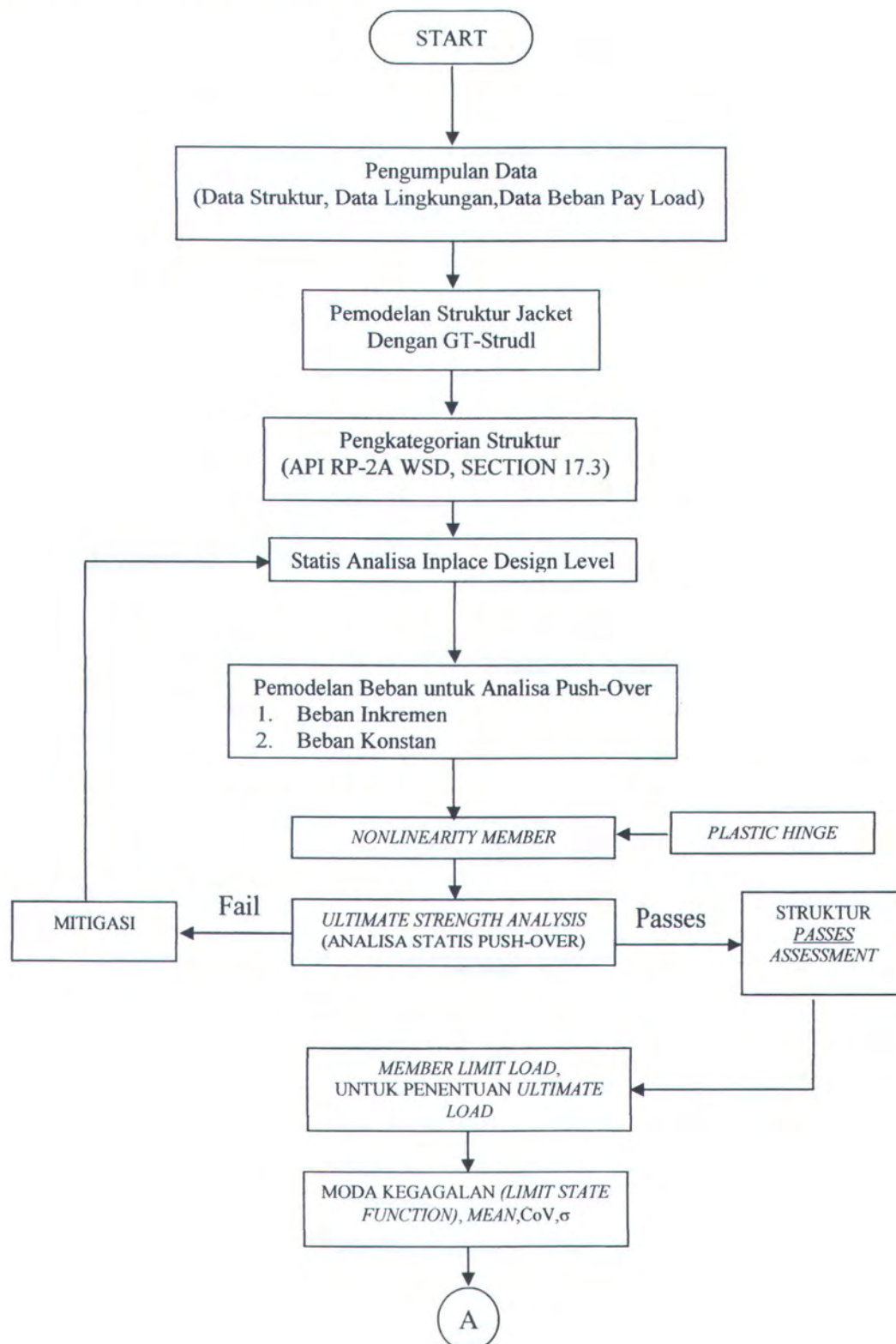
Dalam pelaksanaan analisa struktur ada beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu pemodelan struktur, analisa struktur, uji laboratorium sehingga didapatkan hasil yang diinginkan. Ketiga tahapan tersebut ada yang mutlak harus dilakukan yaitu pemodelan sedangkan analisa dan uji laboratorium tidak mutlak untuk dilakukan. Dari suatu pemodelan kemudian dilakukan analisa sehingga didapatkan hasil yang diinginkan. Tetapi dalam pemodelan dapat dilakukan analisa sekaligus uji lab sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat.

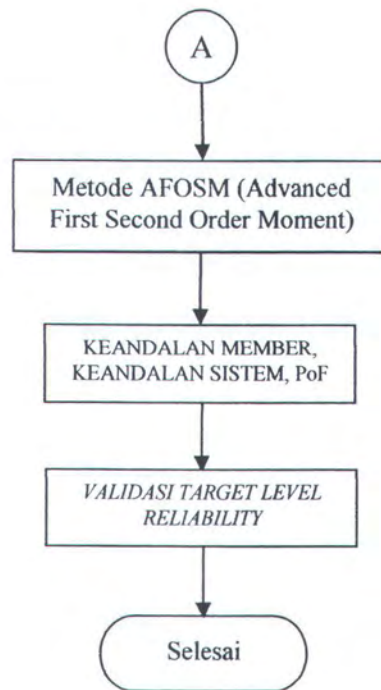
Pada penelitian kali ini dilakukan proses pemodelan dan analisa tanpa menggunakan uji lab. Adapun analisa yang dilakukan adalah dengan menggunakan suatu metode elemen hingga (*Finite Element Method*). Struktur *Jacket* yang akan dianalisa lebih berkonsentrasi pada sambungan deck dengan kaki *Jacket*. Pada struktur kaki *Jacket* (*leg*) memakai bentuk rangka (*space frame*) sehingga dapat dimodifikasi konfigurasi. Struktur kaki yang dikenal dengan *truss type* ini dibangun dari sejumlah silinder baja yang saling dihubungkan sehingga membentuk rangka batang.

Pemodelan *Jacket* dilakukan dengan dua pemodelan yaitu pemodelan *Jacket* untuk keperluan analisis global dan pemodelan *Jacket* untuk keperluan analisis lokal pada sambungan kaki *Jacket* dengan deck. Kedua cara pemodelan ini sangat penting dilakukan. Analisis global dilakukan untuk mengetahui respons struktur secara global yang mencakup perpindahan geladak horisontal, stabilitas struktur *Jacket*, gaya-gaya reaksi dan lain sebagainya.

3.2 Metodologi Analisis

➤ Flowchart Metodologi Tugas Akhir:





Gambar 3.1 Flowchart Metodologi Tugas Akhir

Dalam pelaksanaan analisis struktur diperlukan data struktur dan lingkungan untuk pemodelan struktur, beban deck, *dead weight*, dan beban lingkungan. Data struktur dan lingkungan yang diperlukan dalam analisis ini adalah sebagai berikut :

1. Data struktur :

- *Technical drawing*, yang meliputi properti member dari deck beam dan tubular tiap kaki
- *Material properties*, meliputi jenis material, *yield strength*.
- Beban diatas dek
- Beban yang menempel pada kaki seperti *anode*.
- Koefiesien hidrodinamis
- Tebal *marine growth*

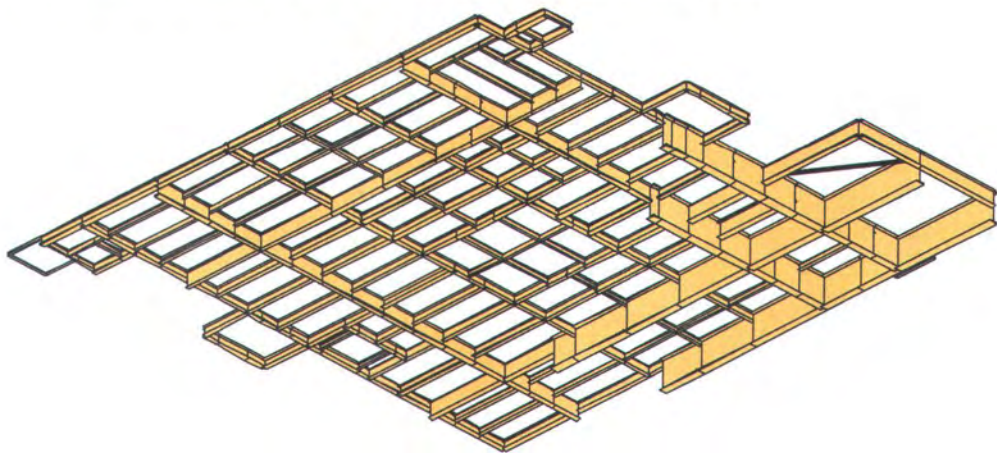
2. Data lingkungan :

- Posisi/tata letak struktur/orientasi
- Data gelombang
- Data angin
- Data arus

3. Data beban pada deck :

- Beban pada *main deck*
- Beban pada *cellar deck*
- Beban pada *wellhead access*
- Beban pada *helideck*

Setelah beban data-data lengkap struktur kemudian dimodelkan, sebelum struktur dimodelkan perlu mempelajari dahulu *technical drawing* dari struktur APN-D tersebut, kita melihat berapa gap yang ada diantara sambungan sehingga kita bisa menentukan eksentrisitas dari *brace* dan *chord* pada model, bagaimana bentuk susunan dari *beam* di *deck* apakah berbentuk rata ataukah ada *secondary beam* dan *main beam*.



Gambar 3.2 Model deck dengan secondary beam menumpu pada main beam

Pemodelan gelombang menggunakan *GT-Selos* dengan memasukkan input-input data yang telah diketahui.

3.3 Pengumpulan Data Struktur

3.3 Pengumpulan Data Struktur

3.3.1 Data Struktur

Struktur APN-D merupakan bangunan lepas pantai jenis terpancang (*fixed offshore platform*) yang termasuk struktur *Jacket*. Struktur ini dibangun pada tahun 2005 yang didesain oleh P.T. Tripatra Engineering. Spesifikasi dari anjungan APN-D ini adalah sebagai berikut :

1. Jenis struktur : *Jacket* 1 kaki (3 brace)
2. Panjang kaki : 118 ft (tegak)
3. Jumlah *Deck* : 3
4. Ukuran *Main Deck* : 35.5 ft x 52 ft
5. Ukuran *Helideck* : 30 ft x 33.5 ft
6. Ukuran *Wellhead Acces* : 10.25 ft x 21.25 ft

3.3.2 Data Lingkungan

Kondisi lingkungan tempat beroperasinya bangunan lepas pantai sangat mempengaruhi kinerja struktur, maka data lingkungan sangat penting. Data lingkungan di perairan Laut Jawa tempat beroperasinya struktur APN-D ini adalah sebagai berikut :

- a. Lokasi Platform :
Laut Barat Jawa Indonsia dengan koordinat :
Utara (m) 9 394 725
Timur (m) 308 087
- b. Kedalaman Perairan
Kondisi Operasi : 48.51 m
Kondisi Ekstrim : 48.52 m
- c. Periode Gelombang
Kondisi Operasi : 7 sec
Kondisi Ekstrim : 8.7 sec
- d. Tinggi Gelombang
Kondisi Operasi : 11.483 ft
Kondisi Ekstrim : 18.045 ft
- e. Kecepatan Arus

Tabel 3.1 Kecepatan arus dibawah permukaan air laut

Percent of depth below water surface (%)	Current Velocity (m/s)	
	Operating Condition	Storm Condition
0 (surface)	0.670	1.090
10	0.560	0.870
20	0.480	0.710
30	0.420	0.590
40	0.380	0.500
50	0.350	0.440
60	0.330	0.390
70	0.310	0.360
80	0.300	0.340
90	0.290	0.320
100 (mud line)	0.290	0.310

f. Kecepatan Angin

Tabel 3.2 Kecepatan angin

Wind Velocity (m/sec)	
Operating	Storm
12.4	25.7

g. Densitas Air Laut : 1025 kg/m³, 63.988 pound/ft³

3.4 Pemodelan Struktur APN-D Platform

3.4.1 Pemodelan Struktur APN-D Platform

Pemodelan struktur APN-D *Jacket Platform* menggunakan bantuan *software* GT *Strudl* dan GT *Selos*. *Software* ini merupakan salah satu *software* struktur yang berbasis *finite element method* (FEM). Data yang dipergunakan berasal dari data gambar dan perhitungan struktur APN-D *Jacket Platform* dari laporan desain struktur untuk *requalification* APN-D *Platform*. Struktur kaki struktur APN-D ini dimodelkan secara *detail model* sesuai dengan data gambar yang ada. Pemodelan struktur kaki ini menggunakan bantuan *software* GTStrudl. Input data yang dimasukkan untuk pemodelan struktur kaki ini adalah :

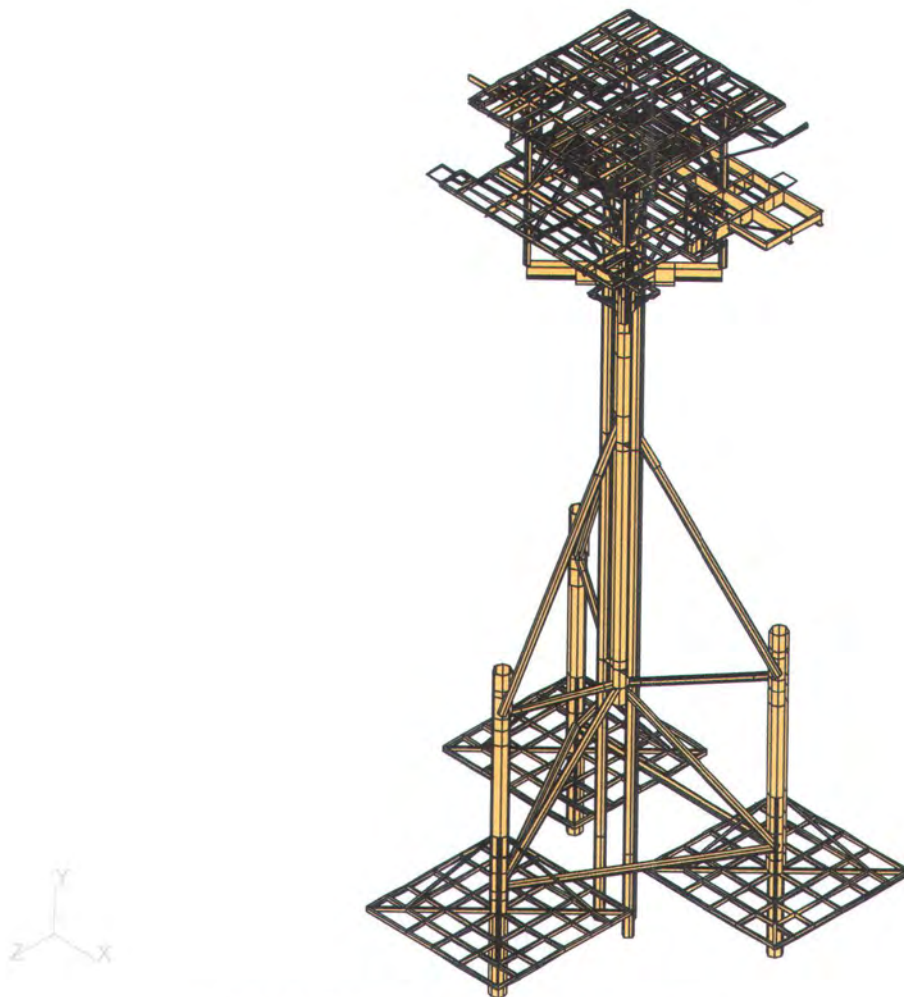
1. Dimensi kaki, yang terdiri dari :
 - a. Panjang kaki
 - b. Diameter luar (O.D.) *chord*

- c. Diameter luar (O.D.) *brace* (horizontal dan diagonal)
- d. Tebal *chord*
- e. Tebal *brace* (horizontal dan diagonal)
- f. Tebal *Joint Can*

2. Material

- a. Jenis : baja type A36
- b. E (modulus Young) : 29000 ksi
- c. G : 11200 ksi
- d. Densitas : 489.56 pound/ft³
- e. Yield stress : 36 ksi
- f. Ultimate stress : 58-80 ksi

Struktur geladak dimodelkan secara utuh, dimana ada 3 geladak yang digunakan dalam APN-D, yaitu: *Helideck*, *Main Deck*, *WellHead Access*. Dimana dari ketiga tersebut mendapat beban masing-masing untuk kondisi operasi dan kondisi badai.



Gambar 3.3 Detailed Model Struktur APN-D

3.4.2 Pemodelan Beban

3.4.2.1 Pemodelan Beban Vertikal pada Geladak (*Payload*)

Pemodelan beban vertikal pada geladak (*deck*) diberikan tiap member struktur geladak yang telah dimodelkan. Beban vertikal yang diberikan merupakan berat geladak itu sendiri ditambah dengan berat peralatan diatas struktur geladak. Beban yang dipakai untuk analisis *push-over* ini adalah beban pada kondisi ekstrim (badai).

Tabel 3.3 Beban pada struktur geladak (pay load)

Description	Static Load
Self Weight	-
Other Structure	
Maindeck Handrail	51.131 kN
Wellhead Handrail	14.578 kN
Weather Shelter	38.613 kN
Open Area Live Load	
Maindeck Live Load	7.5 kN/m ²
Stairway	5.0 kN/m ²
Wellhead Live Load	5.0 kN/m ²
Laydown Area Load	15.0 kN/m ²
Helideck Live Load	5.0 kN/m ²
Walkways Live Load	5.0 kN/m ²
Anodes Load	126 kN
Dry Weight Loads	
CO2 Bottle Tank	0.89 kN
Portable Sump Tank	4.96 kN
Nitrogen Bottle Tank	24.55 kN
wellhead&Monitoring Shutdown Panel	21.1 kN
Monitor&Control Unit SCADA Panel	6.23 kN
VHF Digital Panel	5.874 kN
AC/DC Charger	16.768 kN
DC Panel	12.37 kN
Battery Box	68.70 kN
Navigation And Lanterns	10.80 kN
Solar Array Panel	15.3 kN
Hydrotest Load	
CO2 Bottle Tank	0.89 kN

Portable Sump Tank	11.792 kN
Nitrogen Bottle Tank	24.55 kN
wellhead&Monitoring Shutdown Panel	21.1 kN
Monitor&Control Unit SCADA Panel	6.23 kN
VHF Digital Panel	5.874 kN
AC/DC Charger	16.768 kN
DC Panel	12.37 kN
Battery Box	68.70 kN
Navigation And Lanterns	10.80 kN
Solar Array Panel	15.3 kN
Helicopter Self Weight	44.149 kN
Manual Hoist Operating Load	14.7 kN

3.4.2.2 Pemodelan Beban Gelombang, angin dan arus

Langkah awal perhitungan beban gelombang adalah menentukan terlebih dahulu teori gelombang yang sesuai dengan kondisi ekstrim (badai) di lingkungan lokasi Laut Barat Jawa. Teori gelombang di Laut Barat Jawa ditentukan melalui perhitungan dengan menggunakan grafik *region of validity* API Recommended Practice 2A - LRFD. Berdasarkan data lingkungan yang ada didapatkan nilai :

$$\frac{d}{gT^2} = \frac{159.15}{32.18(7)^2} = 0.10093$$

$$\frac{H}{gT^2} = \frac{11.48}{32.18(7)^2} = 0.00728$$

berdasarkan nilai diatas maka teori gelombang yang digunakan adalah teori gelombang *Stokes* orde 5.

Perhitungan beban gelombang ini menggunakan *software* *GTSelos* dengan berdasarkan pada Teori Morrison. Perhitungan beban gelombang pada silinder tegak menggunakan rumus pada persamaan sebagai berikut :

$$f_w = f_d + f_i$$

$$F_w = \int_0^z \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot D \cdot u|u| + \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot C_m \cdot a_x \right) dz$$

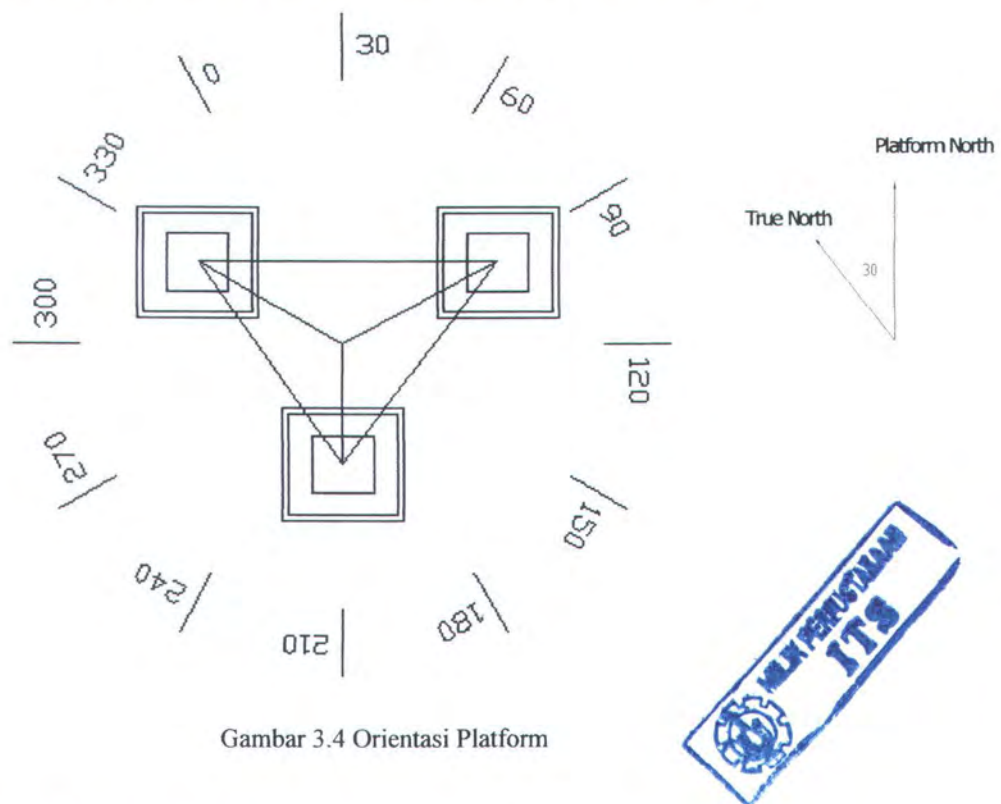
perhitungan beban gelombang pada silinder miring menggunakan rumus pada persamaan sebagai berikut :

$$F = \left(F_x^2 + F_y^2 + F_z^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

Pemodelan beban statis pada analisis *push-over* ini adalah dengan memodelkan beban gelombang delapan arah yang menggunakan *software GTSelos*. Parameter gelombang yang dimasukkan sebagai input data untuk pemodelan beban statis ini adalah sebagai berikut :

1. Teori gelombang
2. Tinggi, periode dan arah gelombang
3. C_D dan C_M

Output yang didapatkan dari pemodelan beban gelombang pada *software GTSelos* dimasukkan ke *software GTStrudl* untuk keperluan analisis lebih lanjut. Dengan arah gelombang $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ, 180^\circ, 210^\circ, 240^\circ, 270^\circ, 300^\circ, 330^\circ$.



Gambar 3.4 Orientasi Platform

3.4.2.3 Pemodelan beban untuk analisa *push-over*

Beban pada analisa *push-over* ini dibedakan dalam dua arah yaitu beban *payload* yang terdiri dari beban pada geladak, beban *self weight* dan beban *live load*, sedangkan beban lateralnya terdiri dari beban gelombang, angin dan arus. Beban lateral yang kemudian dinaikkan (*increment*) dan beban *payload* dijadikan beban konstan, beban *payload*

dikalikan faktor beban sebesar 1.1 dan faktor beban 0.85 untuk untuk beban lateral (API,2002).

3.5 Analisa Statis *Push-Over*

Setelah dilakukan analisa statis *inplace design load* dilanjutkan ke analisa *non-linear Push-Over*. Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan *limit load* dari member yang akan dianalisa keandalannya dan untuk mengetahui nilai *base shear* yang diperlukan untuk mencari RSR. Berikut ini adalah contoh input data untuk analisa *push-over* dengan GTStrudl :

```
LOAD LIST ALL
PUSHOVER ANALYSIS DATA
  CONSTANT LOAD 'A'
  INCREMENTAL LOAD 'B'
  MAXIMUM NUMBER OF LOAD INCREMENTS 'C'
  MAXIMUM NUMBER OF TRIALS 'D'
  LOADING RATE 'E'
  CONVERGENCE RATE 'F'
  CONVERGENCE TOLERANCE COLLAPSE 'G'
  CONVERGENCE TOLERANCE DISPLACEMENT 'H'
  MAXIMUM NUMBER OF CYCLES 'I'
END
PERFORM PUSHOVER ANALYSIS
```

Keterangan :

- A. Input *constant load* ; karena dalam setiap kondisi pembebanan yang terjadi beban vertikal tetap ikut serta dalam besaran yang sama maka yang menjadi input beban konstan adalah beban vertikal.
- B. Input *incremental load* (pertambahan beban) ; karena dalam analisis *push-over* ini yang diperhatikan adalah respon struktur akibat pertambahan beban lingkungan, maka yang menjadi input *incremental load* adalah beban lingkungan yang telah dimodelkan dari GTSelos.
- C. *Maximum increment* (pertambahan maksimum) ; input ini diberikan untuk membatasi jumlah *incremental load* yang kita inginkan. Untuk analisa ini *incremental load* dibatasi sampai 50 kali beban awal jika ternyata sampai 50 kali struktur belum runtuh maka *increment load* ini bisa ditambah.
- D. Nilai integer dari pencarian dari *collapse load* pada tiap kenaikan beban, nilai dari defaultnya 10.

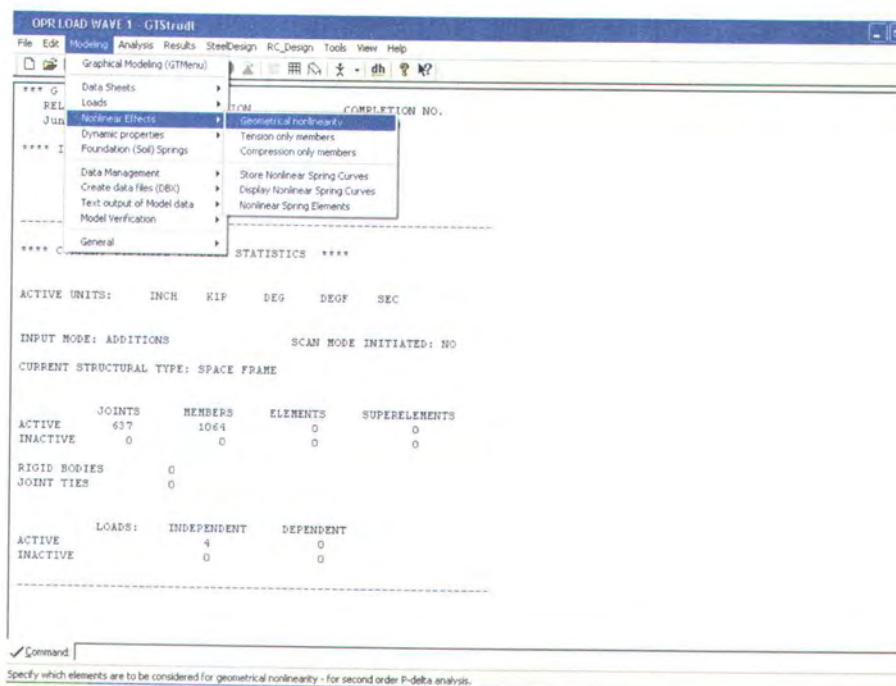
- E. *Loading rate* ; Input ini diberikan untuk menentukan pertambahan *incremental load* . Untuk analisis ini *incremental load* diberikan defaultnya 1.0.
- F. *Backup rate* ; input ini diberikan sebagai rate cadangan untuk melanjutkan *increment* jika pada satu kondisi *increment* telah terdeteksi ketidakstabilan struktur (ada member yang runtuh). Besarnya *backup rate* adalah $\frac{1}{2}$ kali dari *loading rate* sebelumnya.
- G. *Convergence displacement* ; untuk menentukan output keruntuhan dengan mengeluarkan displasmennya.
- H. *Convergence tolerance displacement* : untuk menentukan batas kekakuan dari elemen dalam fungsi displacement.
- I. *Maximum number of cycles* : untuk membatasi iterasi yang digunakan untuk menentukan batas kekakuan elemen.

3.5.1. Penjelasan langkah analisa Push Over.

Untuk melakukan pemodelan struktur pada analisa *ultimate* mengacu pada penelitian yang dilakukan P.M.B. Engineering(1988) seperti berikut :

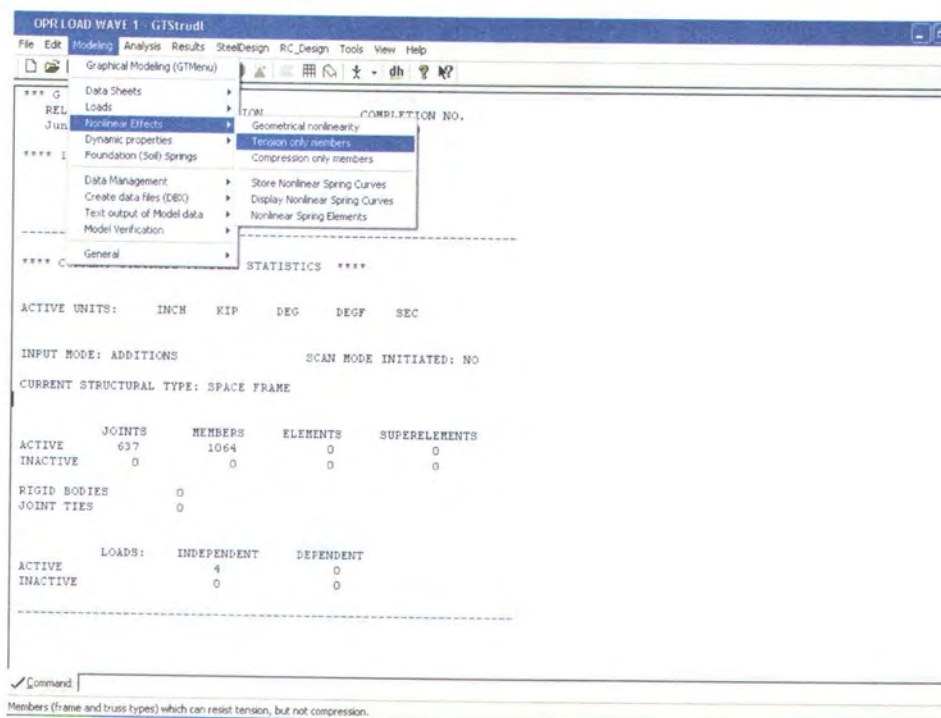
a. Penentuan *nonlinear member*.

Sebelum dilakukan analisa perlu ditentukan *nonlinear member* seperti pada Gambar 3.5. member yang dimodelkan sebagai nonlinear adalah member-member pada bagian jacket, yaitu : *jacket leg*, *deg leg*, *brace* dan *conductor*. Nonlinear member disini berarti bahwa member ini mempunyai karakteristik dapat mengalami/dibolehkan mendapat tegangan diatas tegangan ijin, sehingga mempunyai perilaku elastis/plastis.



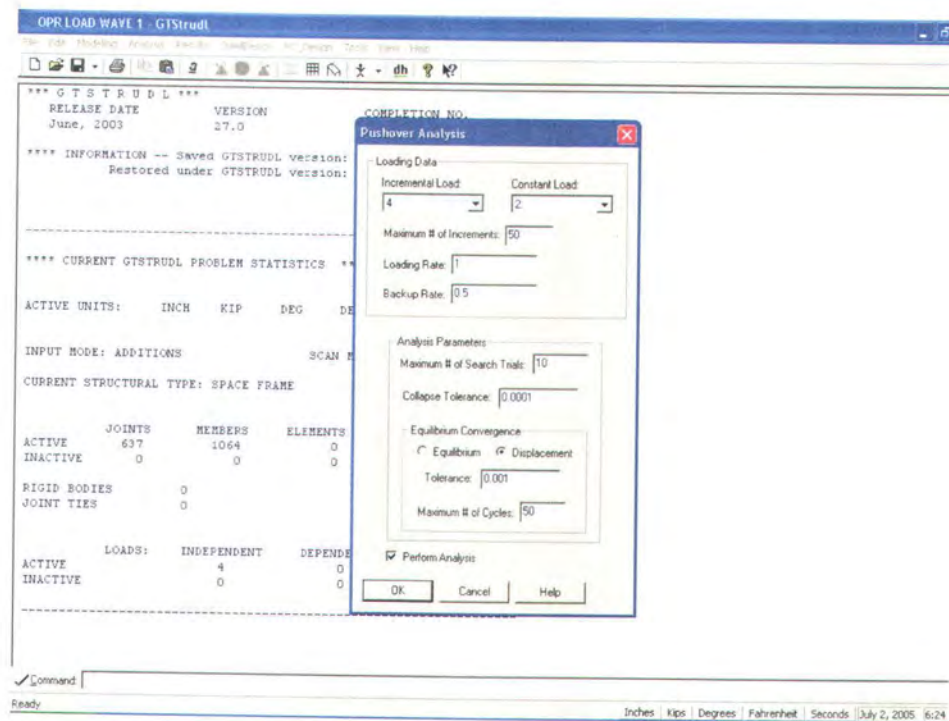
Gambar 3.5. Input nonlinear member.

- b. Pemodelan dari *tension* dan *compress* member, member yang dimodelkan adalah *brace* seperti yang terlihat pada Gambar 3.6., karena komponen ini pada umumnya mengalami kegagalan *yielding* dan *buckling* akibat beban kombinasi dari aksial dan bending.



Gambar 3.6. Input tension dan compress member.

- c. Memasukkan beban yang akan diinkremenkan dan beban konstan. Pada analisa ini semua faktor keamanan struktur dihilangkan sehingga akan didapat hasil yang maksimal.



Gambar 3.7. Analisa Push Over.

Pada analisa *push over* dapat diketahui beban maksimum yang dapat ditahan struktur jacket APN-D ini runtuh pada tiap-tiap arah pembebanan. Pada saat pertama kali struktur terdeteksi adanya ketidakstabilan, maka dapat dihitung besarnya RSR minimum, sedangkan RSR maksimumnya dihitung pada saat struktur runtuh seluruhnya.

$$RSR = \frac{\text{Beban pada saat struktur kolaps}}{\text{Beban pada kondisi desain}}$$

Pada perhitungan RSR ini yang dijadikan input adalah gaya reaksi lateral secara global (*base shear*) yang terjadi di tumpuan kaki, sedangkan perhitungan *system redundancy* menggunakan rumusan :

$$SR = \frac{\text{Beban pada saat struktur kolaps}}{\text{Beban pada saat 1 member kolaps}}$$

3.6 Keandalan

Sebelum dilakukan analisa keandalan terlebih dulu ditentukan moda kegagalan dari sistim stuktur Jacket APN-D ini terlebih dulu. Moda kegagalan yang ditinjau adalah dari *combined stress* yang terjadi pada saat stuktur APN-D *collapse* dengan *combined stress* pada *design level*, dalam hal ini adalah kondisi badai.

$$MK = R - Q$$

Dalam hal ini R (*resistance*) adalah nilai *ultimate stress* dari member stuktur APN-D sedangkan Q (*load*) adalah nilai *combined stress* yang terjadi pada *design level*, semua harga dari R dan Q yang didapat dikategorikan dalam 2 macam yaitu jika :

(*load effect* ≤ *resistance*) stuktur dikatakan aman

(*load effect* > *resistance*) stuktur dikatakan gagal

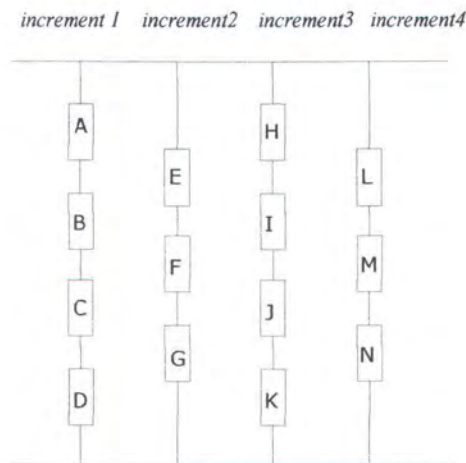
Rumusan untuk moda kegagalan untuk gaya axial dan moment (Popov) sebagai berikut :

$$MK = \sigma_{Ultimate} - \left[\frac{P}{A} + \frac{M}{S} \right]$$

dimana komponen P dan M adalah komponen acak dari gaya aksial dan momen, yang telah mempunyai nilai rata-rata dan CoV yang sudah ditentukan. dimana P, M, A, S adalah komponen acak yang telah mempunyai nilai rata-rata dan CoV yang sudah ditentukan. Sedangkan $\sigma_{Ultimate}$ dari member sebesar 80 ksi digunakan sebagai nilai rata-rata (mean) dari resistance, untuk force dan moment pada kondisi ultimate digunakan sebagai load effect.

3.6.1 Sistem Keandalan Seri -Paralel

Dalam analisa *ultimate strength* berbasis keandalan ini digunakan sistem gabungan seri dan paralel. Model keandalannya masing-masing member akan berubah pada tiap penambahan beban. Bila dalam satu inkremen muncul lebih dari 1 member maka dianalisa secara seri. Sedangkan untuk tiap inkremen di analisa sistem paralel.



Gambar 3.8. Model Keandalan Seri-Paralel

Untuk model keandalannya didasarkan pada pembebanan, member yang gagal dalam setiap penambahan beban dikelompokkan dalam satu grup yang dianalisa secara seri, karena dalam satu inkremen member-member tersebut saling berhubungan. Setiap satu grup inkremen akan dianalisa secara paralel dengan grup inkremen lainnya untuk mendapatkan keandalan global dari struktur.

Seperti dalam Gambar 3.8. bahwa member grup A,B,C,D adalah dalam satu inkremen yang akan dianalisa secara seri sedangkan grup tiap-tiap inkremen dihubungkan secara paralel. Dari hasil ini didapat nilai keandalan dan *probability of failure* (PoF) sistem struktur jacket APN-D. Harga dari PoF ini akan divalidasikan dengan *target level reliability* yang sudah pernah diteliti sebelumnya.

Urutan kegagalan pada member adalah pada saat mulai terbentuknya *plastic hinge* pada tiap-tiap member, pada saat ini member sudah mencapai batas *yield*nya. Setelah mencapai *yield* pada member akan terjadi *plastic flow* artinya stress yang terjadi pada member akan mulai membentuk formasi. Dengan semakin bertambahnya beban, member-member yang lain juga akan mulai terbentuk *plastic hinge*, sedangkan pada member awal yang sudah terjadi *plastic hinge* member mungkin sudah mulai menjadi engsel. Dengan semakin banyaknya *plastic hinge* yang terjadi pada member maka kekakuan struktur akan berkurang yang pada akhirnya akan menyebabkan keruntuhan struktur secara global.



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Design Level

Dalam pelaksanaan analisa design level pada statu struktur, ada beberapa tahapan yang harus dilakukan yaitu pemodelan struktur dengan menggunakan GT-Strudl 27, pemodelan beban yang bekerja pada struktur sesuai dengan code yang digunakan, analisa tegangan. Struktur yang dianalisa dalam hal ini Struktur APN-D akan menggunakan dua code yaitu API RP 2A WSD,21st edition dan API RP 2A LRFD,1st edition.

Menurut API RP 2A WSD,21st edition pemodelan beban yang bekerja pada struktur dirumuskan sebagai berikut : $F = D + L + W$. Tetapi pada struktur APN-D memiliki matriks pembebanan seperti pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Matriks Beban Menurut API RP 2A WSD,21st edition

Description	Maximum Topside Load Operating Condition											
	Deg 0	Deg 30	Deg 60	Deg 90	Deg 120	Deg 150	Deg 180	Deg 210	Deg 240	Deg 270	Deg 300	Deg 330
Self Weight	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Other Structure	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Maindeck Live Load	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Stairway	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Wellhead Live Load	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Laydown Area Load	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Helideck Live Load	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Walkways Live Load	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Anodes Load	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Helicopter Self Weight	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Manual Hoist Operating Load	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Operating Wind & Wave Load at 0 deg	1.00											
Operating Wind & Wave Load at 30 deg		1.00										
Operating Wind & Wave Load at 60 deg			1.00									
Operating Wind & Wave Load at 90 deg				1.00								
Operating Wind & Wave Load at 120 deg					1.00							
Operating Wind & Wave Load at 150 deg						1.00						
Operating Wind & Wave Load at 180 deg							1.00					
Operating Wind & Wave Load at 210 deg								1.00				
Operating Wind & Wave Load at 240 deg									1.00			
Operating Wind & Wave Load at 270 deg										1.00		
Operating Wind & Wave Load at 300 deg											1.00	
Operating Wind & Wave Load at 330 deg												1.00

Setelah dilakukan pembebanan pada struktur, maka selanjutnya dilakukan analisa *inplace* pada kondisi *design level*. Analisa ini dilakukan untuk melihat apakah ada member pada struktur APN-D yang mengalami kegagalan yang kemudian hasil analisa *inplace* menurut API RP 2A LRFD,1st edition digunakan untuk validasi model dengan menggunakan harga *unity check* yang didapat dari hasil GT Selos dibandingkan dengan hasil analisa yang digunakan oleh PT. Tripatra yang menggunakan software SACS ver 5.1.

Tabel 4.2. Validasi Model Struktur APN-D

Hasil Analisa Design Level Dengan WSD				
Member ID	Member Properties	SACS 5.1	GTSelos 2.7(WSD)	LC
		UC	UC	
MD-0125	W8x10	0.888	0.876	122
MD-0118	W24x62	0.873	0.868	121
SP-02	W8x18	0.816	0.974	125
MD-074	W8x10	0.772	0.796	127
MD-0151	W12x26	0.744	0.779	130
MD-0150	W12x26	0.735	0.780	129
MD-0156	W24x62	0.716	0.755	122
MD-0294	W24x62	0.713	0.755	132
SP-01	W8x18	0.678	0.661	124
SP-03	W8x18	0.668	0.633	129
DTR-04	PIPE	0.772	0.782	132
DTR-023	PIPE	0.735	0.744	125
DTR-016	PIPE	0.731	0.770	123
DBR-023	PIPE	0.730	0.772	130
DTR-09	PIPE	0.687	0.632	128
PL-30	PIPE	0.627	0.605	128
PL-18	PIPE	0.627	0.602	124
PL-6	PIPE	0.621	0.600	132
DTR-03	PIPE	0.619	0.681	132
PL-31	PIPE	0.571	0.550	128

Sedangkan menurut API RP 2A LRFD,1st edition pemodelan beban yang bekerja pada struktur untuk kondisi ekstrem dirumuskan sebagai berikut : $F = 1.1D_1 + 1.1D_2+ 1.1L_1 + 1.35W$. Matriks pembebanan pada struktur APN-D seperti pada Tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Matriks Beban Menurut API RP 2A LRFD,1stedition

Description	Maximum Topside Load Strom Condition											
	Deg 0	Deg 30	Deg 60	Deg 90	Deg 120	Deg 150	Deg 180	Deg 210	Deg 240	Deg 270	Deg 300	Deg 330
Self Weight	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Other Structure	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Maindeck Live Load	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Stairway	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Wellhead Live Load	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Laydown Area Load	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Helideck Live Load	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Walkways Live Load	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Anodes Load	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Helicopter Self Weight	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Manual Hoist Operating Load	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Operating Wind & Wave Load at 0 deg	1.35											
Operating Wind & Wave Load at 30 deg		1.35										
Operating Wind & Wave Load at 60 deg			1.35									
Operating Wind & Wave Load at 90 deg				1.35								
Operating Wind & Wave Load at 120 deg					1.35							
Operating Wind & Wave Load at 150 deg						1.35						
Operating Wind & Wave Load at 180 deg							1.35					
Operating Wind & Wave Load at 210 deg								1.35				
Operating Wind & Wave Load at 240 deg									1.35			
Operating Wind & Wave Load at 270 deg										1.35		
Operating Wind & Wave Load at 300 deg											1.35	
Operating Wind & Wave Load at 330 deg												1.35

Dan untuk hasil analisa *inplace* pada kondisi badai, nilai *unity check* terbesar pada setiap arah pembebanan dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Member Kritis Kondisi Ekstrim

MEMBER	LOAD DIRECTION	UC	TYPE OF MEMBER
PL-6	330°	0.996	Prismatic
DTR-05	270°	0.993	Prismatic
(+)15-6	240°	0.986	PGL2
MD-0160	210°	0.979	W24x62
MD-0160	300°	0.978	W24x62
SP-02	180°	0.970	W12x26
MD-0192	150°	0.958	W12x26
DTR-024	90°	0.945	Prismatic
MD-0193	60°	0.930	W12x26
DTR-024	30°	0.921	Prismatic
MD-0229	0°	0.872	W8x10

4.2. Analisa Push Over

Pada analisa *pushover* akan dilakukan dengan menggunakan dua code yaitu API RP 2A WSD,21stedition dan API RP 2A LRFD,1stedition yang mana pada hasil akhir akan didapat nilai Reserve Strength Ratio dari kedua code tersebut. Pola pembebanan pada analisa *pushover* dengan menggunakan API RP 2A WSD,21stedition sama halnya dengan pembebanan pada saat analisa statis yaitu $F = D + L + W$. Beban gelombang yang digunakan sebagai *incremen load* ialah gelombang kondisi badai. Seperti halnya API RP 2A WSD,21stedition, pola pembebanan *pushover* menurut API RP 2A LRFD,1stedition seperti pembebanan analisa statis pada kondisi ekstrim yaitu : $F = 1.1D_1 + 1.1D_2 + 1.1L_1 + 1.35W$. Perbedaan *constan load* dan *incremen load* pada struktur APN-D menurut API RP 2A WSD,21stedition dan API RP 2A LRFD,1stedition sebagai berikut :

Tabel 4.5 Perbedaan Pembebanan Menurut API RP 2A WSD,21stedition dan API RP 2A LRFD,1stedition

Load	API RP 2A WSD,21 st edition			API RP 2A LRFD,1 st edition		
	X (Ton)	Y (Ton)	Z (Ton)	X (Ton)	Y (Ton)	Z (Ton)
Dead Load						
D1	-	-504.83	-	-	-484.79	-
D2	-	-37.40	-	-	-36.83	-
Live Load						
L1	-	-176.34	-	-	-277.11	-
L2	-	-	-	-	-	-
Enviromental Load						
0°	-292.97	-373.28	-1.24	-395.51	-503.93	-1.68
30°	-254.81	-373.64	-148.55	-343.99	-504.41	-200.54
60°	-147.68	-373.32	-255.72	-199.37	-503.98	-345.22
90°	-6.94E-02	-374.27	-296.58	-9.37E-02	-505.27	-400.38
120°	147.64	-374.60	-257.01	199.31	-505.71	-346.96
150°	254.22	-373.57	-147.48	343.20	-504.32	-199.11
180°	292.93	-373.04	-0.06	395.46	-503.60	-9.23E-02
210°	253.15	-372.56	147.59	341.75	-502.95	199.24
240°	146.28	-372.90	256.03	197.48	-503.42	345.64
270°	0.57	-373.36	295.75	0.76	-504.04	399.26
300°	-145.32	-373.16	255.53	-196.18	-503.77	344.97
330°	-254.38	-374.15	148.01	-343.41	-505.11	199.81

Pembebanan awal untuk *incremen load* dalam hal ini beban gelombang kondisi ekstrim dan nilai *Reserve Strength Ratio* yang diijinkan untuk kondisi perairan diluar amerika dan GoM ditentukan sebagai berikut :

Tabel 4.6 Syarat Penerimaan RSR Menurut API RP 2A WSD,21stedition

Level	Category Exposure		Design Level Analysis	Ultimate Strength Analysis
L-1	High Consequence	Manned- evacuated & Nonevacuated	85 % of Lateral Loading caused by 100yr enviroentmental Conditions	Reserve Strength Ratio RSR >= 1.6
		Unmaned		
L-3	Low Consequence	Unmaned	50 % of Lateral Loading caused by 100yr enviroentmental Conditions	Reserve Strength Ratio RSR >= 0.8

Struktur APN-D merupakan kategori *High Consequence* karena struktur ini dilengkapi minyak dan gas *flowlines*, yang berarti bila struktur ini mengalami kegagalan akan berdampak serius terhadap kerusakan lingkungan dan keselamatan manusia. Dari sisi keselamatan struktur APN-D termasuk dalam *manned-nonevacuated platform* artinya struktur APN-D ini meskipun tidak dilengkapi akomodasi sebagai tempat tinggal bagi personel, namun sering dikunjungi manusia secara rutin dalam waktu tertentu, sehingga keselamatan bagi personel termasuk faktor penting yang harus dipertimbangkan.

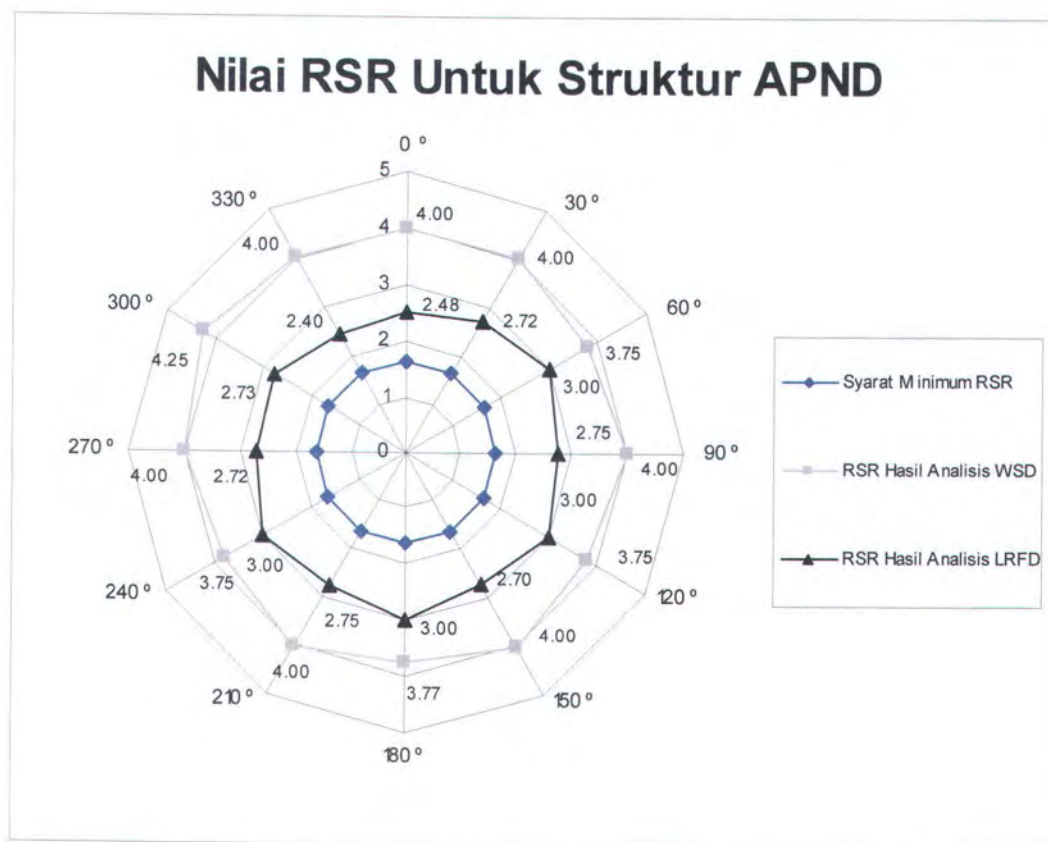
Setelah proses analisa pushover dilakukan dengan menggunakan software GT-Strudl dan masing-masing code yang digunakan, maka didapat nilai *Reserve Strength Ratio* dari output GT-Strudl.

Tabel 4.7. Nilai RSR minimum dari 12 arah pembebanan

Arah	API RP 2A WSD,21 st edition	API RP 2A LRFD,1 st edition
0 °	4.00	2.48
30 °	4.00	2.71
60 °	3.75	3.00
90 °	4.00	2.75
120 °	3.75	3.00
150 °	4.00	2.69
180 °	3.76	3.00
210 °	4.00	2.75
240 °	3.75	3.00
270 °	4.00	2.71
300 °	4.25	2.72
330 °	4.00	2.40

Pada Tabel 4.7 diatas terlihat bahwa nilai *Reserve Strength Ratio* yang terendah untuk API RP 2A WSD,21stedition terdapat pada arah pembebanan 240 ° yaitu 3.75, sedangkan untuk API RP 2A LRFD,1stedition terdapat pada arah 330 °. Nilai masing-masing *Reserve*

Strength Ratio dapat dikatakan aman karena masih berada diatas harga minimum *Reserve Strength Ratio* yang diisyaratkan *API RP 2A WSD 21st edition* yakni minimum 1.6.



Gambar 4.1 RSR dari 12 Arah Pembebanan Menurut API RP 2A WSD,21stedition dan API RP 2A LRFD,1stedition

4.3. Analisa Keandalan

Analisa keandalan dari struktur APN-D mengacu pada hasil analisa pushover yaitu nilai RSR minimum dari 12 arah pembebanan. Moda keruntuhan yang dipakai untuk menentukan keandalan dari tiap-tiap member. Untuk mendapatkan moda keruntuhan tersebut diperlukan limit load yang bekerja pada struktur. Ultimate strength dari member yang bernilai 59-80 ksi disertai dengan kapasitas struktur dan beban yang bekerja disini dalam hal ini gaya-gaya axial dan momen yang bekerja pada member yang mengacu pada *limit load* yang sudah didapat. Hasil limit dapat dilihat pada lampiran. Setelah dilakukan analisa keandalan pada tiap-tiap arah dengan menggunakan metode AFOSM didapat keandalan tiap-tiap member sebagai berikut :

Tabel 4.8. Moda Keruntuhan dan Keandalan Member
 Hasil Analisa API RP 2A WSD,21stedition

NO	Arah 0				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAARA001	(-)144-3	2.658	0.004	0.996
2	PAARA001	CSG-1	2.570	0.005	
3	PAARA001	CSG-3	2.540	0.006	0.994
4	PAARA001	CSG-5	2.508	0.006	0.994
5	PAARA001	CSG-8	2.641	0.004	0.996
6	PAARA002	CSG-6	2.412	0.008	0.992
7	PAARA002	CSG-7	2.677	0.004	0.996
8	PAARA002	CSG-9	2.535	0.006	0.994
9	PAARA002	CSG-15	2.611	0.005	0.995
10	PAARA002	CDG-5	2.422	0.008	0.992
11	PAARA002	(-)144-1	2.389	0.008	0.992
12	PAARA003	CSG-13	2.433	0.007	0.993
13					
14					
15					

NO	Arah 30				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAARA001	CSG-1	2.482	0.007	0.993
2	PAARA001	CSG-8	2.509	0.006	0.994
3	PAARA001	CSG-6	2.535	0.006	0.994
4	PAARA001	CSG-5	2.447	0.007	0.993
5	PAARA002	(-)144-1	2.412	0.008	0.992
6	PAARA002	(-)144-2	2.426	0.008	0.992
7	PAARA002	(-)144-3	2.660	0.004	0.996
8	PAARA002	CSG-4	2.511	0.006	0.994
9	PAARA002	CDG-5	2.456	0.007	0.993
10	PAARA002	CSG-15	2.561	0.005	0.995
11	PAARA002	CSG-9	2.406	0.008	0.992
12	PAARA002	CSG-7	2.528	0.006	0.994
13					
14					
15					

NO	Arah 60				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAARA001	CSG-1	2.743	0.003	0.997
2	PAARA001	CSG-2	2.659	0.004	0.996
3	PAARA002	(-)144-3	2.639	0.004	0.996
4	PAARA002	CSG-5	2.535	0.006	0.994
5	PAARA003	(-)144-2	2.472	0.007	0.993
6	PAARA003	CDG-4	2.510	0.006	0.994
7	PAARA003	CSG-15	2.711	0.003	0.997
8	PAARA003	CSG-9	2.523	0.006	0.994
9	PAARA003	CSG-8	2.477	0.007	0.993
10	PAARA003	CSG-6	2.969	0.001	0.999
11	PAARA004	CDG-6	2.486	0.006	0.994
12	PAARA004	CSG-4	2.669	0.004	0.996
13					
14					
15					

NO	Arah 90				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAARA001	(-)144-2	2.547	0.005	0.995
2	PAARA001	(-)144-3	2.547	0.005	0.995
3	PAARA001	CSG-1	2.752	0.003	0.997
4	PAARA001	CSG-2	2.467	0.007	0.993
5	PAARA001	CSG-3	2.733	0.003	0.997
6	PAARA002	CDG-4	2.423	0.008	0.992
7	PAARA002	CDG-6	2.422	0.008	0.992
8	PAARA002	CSG-8	2.380	0.009	0.991
9	PAARA002	CSG-11	2.382	0.009	0.991
10	PAARA002	CSG-5	2.670	0.004	0.996
11	PAARA003	CSG-17	2.479	0.007	0.993
12	PAARA003	CSG-16	2.475	0.007	0.993
13					
14					
15					

NO	Arah 120				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAARA001	(-)144-2	2.634	0.004	0.996
2	PAARA001	CSG-2	2.513	0.006	0.994
3	PAARA001	CSG-3	2.565	0.005	0.995
4	PAARA001	CSG-5	2.545	0.005	0.995
5	PAARA002	(-)144-3	2.393	0.008	0.992
6	PAARA002	CSG-4	2.679	0.004	0.996
7	PAARA002	CDG-4	2.494	0.006	0.994
8	PAARA002	CDG-6	2.438	0.007	0.993
9	PAARA002	CSG-18	2.623	0.004	0.996
10	PAARA002	CSG-12	2.450	0.007	0.993
11	PAARA002	CSG-6	2.471	0.007	0.993

NO	Arah 150				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAARA001	CSG-3	2.489	0.006	0.994
2	PAARA001	CSG-6	2.540	0.006	0.994
3	PAARA001	CSG-11	2.509	0.006	0.994
4	PAARA001	CSG-5	2.453	0.007	0.993
5	PAARA002	(-)144-1	2.414	0.008	0.992
6	PAARA002	(-)144-2	2.662	0.004	0.996
7	PAARA002	(-)144-3	2.428	0.008	0.992
8	PAARA002	CSG-10	2.526	0.006	0.994
9	PAARA002	CSG-4	2.520	0.006	0.994
10	PAARA002	CDG-5	2.446	0.007	0.993
11	PAARA002	CDSG-18	2.570	0.005	0.995

12	PAARA002	CSG-11	2.406	0.008	0.992	12	PAARA002	CSG-12	2.406	0.008	0.992
13						13					
14						14					
15						15					

NO	Arah 180				
	Increment	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAARA001	(-)144-1	2.562	0.005	0.995
2	PAARA001	(-)144-2	2.950	0.002	0.998
3	PAARA001	CSG-1	2.448	0.074	0.996
4	PAARA001	CSG-3	2.578	0.005	0.995
5	PAARA001	CSG-11	2.693	0.004	0.996
6	PAARA001	CSG-5	2.513	0.006	0.994
7	PAARA001	CSG-10	2.673	0.004	0.996
8	PAARA002	CSG-18	2.618	0.004	0.996
9	PAARA002	CSG-13	2.535	0.006	0.994
10	PAARA002	CSG-12	2.538	0.006	0.994
11	PAARA002	CSG-6	2.416	0.008	0.992
12	PAARA002	CDG-5	2.412	0.008	0.992
13					
14					
15					

NO	Arah 210				
	Increment	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAARA001	(-)144-1	2.547	0.005	0.995
2	PAARA001	(-)144-2	2.562	0.005	0.995
3	PAARA001	CSG-1	2.484	0.006	0.994
4	PAARA001	CSG-2	2.979	0.001	0.999
5	PAARA001	CSG-3	2.856	0.002	0.998
6	PAARA001	CSG-5	2.554	0.005	0.995
7	PAARA002	CDG-5	2.448	0.007	0.993
8	PAARA002	CSG-6	2.453	0.007	0.993
9	PAARA002	CSG-11	2.678	0.004	0.996
10	PAARA003	CDG-4	2.455	0.007	0.993
11	PAARA003	CSG-13	2.444	0.007	0.993
12					
13					
14					
15					

NO	Arah 240				
	Increment	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAARA001	(-)144-1	2.640	0.004	0.996
2	PAARA001	CSG-1	2.530	0.006	0.994
3	PAARA001	CSG-2	2.259	0.012	0.988
4	PAARA001	CSG-11	2.540	0.006	0.994
5	PAARA002	(-)144-2	2.397	0.008	0.992
6	PAARA002	CSG-10	2.662	0.004	0.996
7	PAARA002	CDG-4	2.428	0.008	0.992
8	PAARA002	CDG-6	2.474	0.007	0.993
9	PAARA002	CSG-14	2.626	0.004	0.996
10	PAARA002	CSG-9	2.457	0.007	0.993
11	PAARA002	CSG-8	2.412	0.008	0.992
12	PAARA002	CSG-12	2.468	0.007	0.993
13					
14					
15					

NO	Arah 270				
	Increment	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAARA001	CSG-2	2.485	0.006	0.994
2	PAARA001	CSG-8	2.481	0.007	0.993
3	PAARA001	CSG-12	2.563	0.005	0.995
4	PAARA001	CSG-11	2.476	0.007	0.993
5	PAARA002	(-)144-1	2.668	0.004	0.996
6	PAARA002	(-)144-2	2.418	0.008	0.992
7	PAARA002	(-)144-3	2.417	0.008	0.992
8	PAARA002	CSG-10	2.517	0.006	0.994
9	PAARA002	CDG-4	2.412	0.008	0.992
10	PAARA002	CDG-6	2.412	0.008	0.992
11	PAARA002	CSG-14	2.568	0.005	0.995
12	PAARA002	CSG-9	2.382	0.009	0.991
13	PAARA002	CSG-7	2.527	0.006	0.994
14					
15					

NO	Arah 300				
	Increment	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAARA001	(-)144-1	2.642	0.004	0.996
2	PAARA001	CSG-2	2.568	0.005	0.995
3	PAARA001	CSG-3	2.522	0.006	0.994
4	PAARA001	CSG-8	2.546	0.005	0.995
5	PAARA002	(-)144-2	2.508	0.006	0.994
6	PAARA002	(-)144-3	2.399	0.008	0.992
7	PAARA002	CDG-4	2.475	0.007	0.993
8	PAARA002	CDG-6	2.432	0.008	0.992

NO	Arah 330				
	Increment	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAARA001	(-)144-1	2.544	0.005	0.995
2	PAARA001	(-)144-3	2.558	0.005	0.995
3	PAARA001	CSG-1	2.682	0.004	0.996
4	PAARA001	CSG-2	2.703	0.003	0.997
5	PAARA001	CSG-3	2.467	0.007	0.993
6	PAARA001	CSG-5	2.542	0.006	0.994
7	PAARA002	CDG-5	2.466	0.007	0.993
8	PAARA002	CSG-8	2.667	0.004	0.996

9	PAAra002	CSG-14	2.627	0.004	0.996	9	PAAra002	CSG-6	2.444	0.007	0.993
10	PAAra002	CSG-9	2.471	0.007	0.993	10	PAAra003	CDG-6	2.466	0.007	0.993
11	PAAra002	CSG-7	2.677	0.004	0.996	11	PAAra003	CSG-13	2.452	0.007	0.993
12	PAAra002	CSG-12	2.453	0.007	0.993	12					
13	PAAra002	CSG-11	2.408	0.008	0.992	13					
14	PAAra003	CSG-16	2.461	0.007	0.993	14					
15						15					

Dari Tabel 4.8 terlihat bahwa CSG-2 merupakan member terkritis dengan nilai keandalan 0.988 terjadi pada arah 240 derajat. Sedangkan pada keandalan menurut API RP 2A LRFD,1stedition ditunjukkan sebagai berikut :

Tabel 4.9. Moda Keruntuhan dan Keandalan Member
 Hasil Analisis API RP 2A LRFD,1stedition

NO	Arah 0					NO	Arah 30				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan		Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAInc002	(-)144-3	2.441	0.007	0.993	1	PAInc002	CSG-1	2.424	0.008	0.992
2	PAInc002	CSG-1	2.314	0.010	0.990	2	PAInc003	(-)144-1	2.357	0.009	0.991
3	PAInc002	CSG-3	2.348	0.009	0.991	3	PAInc003	CSG-8	2.251	0.012	0.988
4	PAInc003	CSG-8	2.234	0.013	0.987	4	PAInc003	CSG-5	2.203	0.014	0.986
5	PAInc004	(-)144-1	2.312	0.010	0.990	5	PAInc004	CSG-6	2.229	0.013	0.987
6	PAInc004	CSG-5	2.300	0.011	0.989	6	PAInc004	(-)144-2	2.296	0.011	0.989
7	PAInc005	CDG-5	2.629	0.004	0.996	7					
8						8					
9						9					
10						10					

NO	Arah 60					NO	Arah 90				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan		Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAInc002	(-)144-3	2.793	0.003	0.997	1	PAInc001	CSG-2	2.616	0.004	0.996
2	PAInc002	CSG-1	2.310	0.010	0.990	2	PAInc002	(-)144-2	2.354	0.009	0.991
3	PAInc002	CSG-2	2.300	0.011	0.989	3	PAInc002	(-)144-3	2.353	0.009	0.991
4	PAInc002	CSG-5	2.283	0.011	0.989	4	PAInc002	CSG-1	2.442	0.007	0.993
5	PAInc003	(-)144-2	2.297	0.011	0.989	5	PAInc002	CSG-3	2.413	0.008	0.992
6	PAInc004	CDG-4	2.313	0.010	0.990	6	PAInc003	CSG-8	2.274	0.011	0.989
7	PAInc004	CSG-8	2.292	0.011	0.989	7	PAInc003	CSG-11	2.271	0.012	0.988
8	PAInc004	CSG-6	2.270	0.012	0.988	8	PAInc003	CSG-5	2.553	0.005	0.995
9	PAInc005	CSG-9	2.311	0.010	0.990	9	PAInc004	CDG-4	2.307	0.011	0.989
10						10	PAInc004	CDG-6	2.307	0.011	0.989

NO	Arah 120					NO	Arah 150				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan		Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAInc002	(-)144-2	2.417	0.008	0.992	1	PAInc002	CSG-3	2.244	0.012	0.988
2	PAInc002	CSG-2	2.283	0.011	0.989	2	PAInc002	CSG-11	2.309	0.010	0.990
3	PAInc002	CSG-3	2.297	0.011	0.989	3	PAInc002	CSG-5	2.261	0.012	0.988
4	PAInc002	CSG-5	2.285	0.011	0.989	4	PAInc003	(-)144-1	2.307	0.011	0.989
5	PAInc003	(-)144-3	2.295	0.011	0.989	5	PAInc003	(-)144-3	2.320	0.010	0.990
6	PAInc004	CDG-6	2.319	0.010	0.990	6	PAInc003	CSG-6	2.251	0.012	0.988
7	PAInc004	CSG-18	2.413	0.008	0.992	7					

8	PAInc004	CSG-6	2.272	0.012	0.988	8					
9	PAInc005	CSG-12	2.307	0.011	0.989	9					
10	PAInc005	CSG-11	2.265	0.012	0.988	10					

NO	Arah 180				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAInc002	(-)144-2	3.001	0.001	0.999
2	PAInc002	CSG-1	2.669	0.004	0.996
3	PAInc002	CSG-3	2.311	0.010	0.990
4	PAInc003	(-)144-1	2.288	0.011	0.989
5	PAInc003	CDG-5	2.337	0.010	0.990
6	PAInc003	CSG-11	2.564	0.005	0.995
7	PAInc004	CSG-18	2.410	0.008	0.992
8	PAInc004	CSG-6	2.299	0.011	0.989
9	PAInc006	CSG-10	2.393	0.008	0.992
10	PAInc006	CSG-5	2.278	0.011	0.989

NO	Arah 210				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAInc001	CSG-1	2.641	0.004	0.996
2	PAInc002	(-)144-1	2.352	0.009	0.991
3	PAInc002	(-)144-2	2.367	0.009	0.991
4	PAInc002	CSG-2	2.436	0.007	0.993
5	PAInc002	CSG-3	2.583	0.005	0.995
6	PAInc003	CSG-5	2.246	0.012	0.988
7					
8					
9					
10					

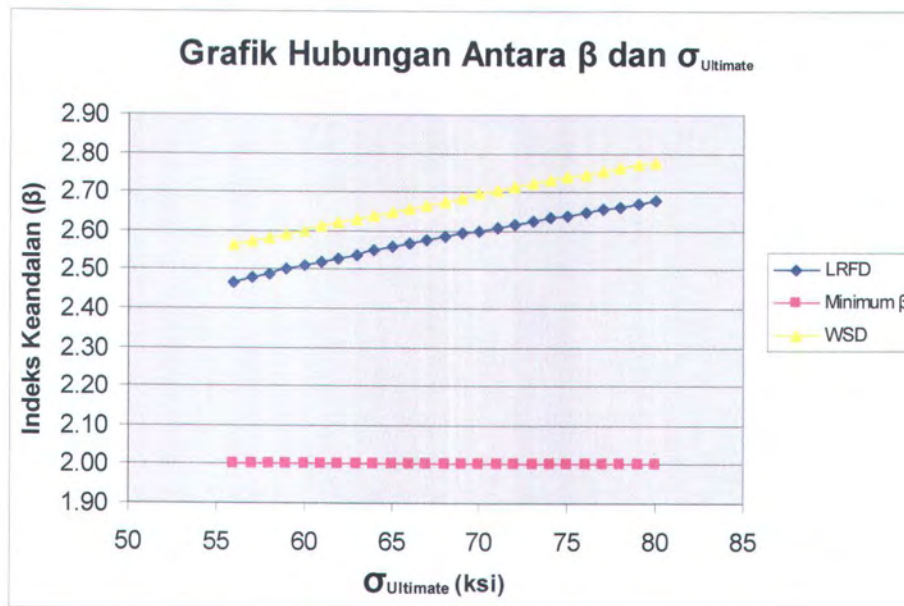
NO	Arah 240				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAInc002	(-)144-1	2.422	0.008	0.992
2	PAInc002	CSG-1	2.303	0.011	0.989
3	PAInc002	CSG-2	2.316	0.010	0.990
4	PAInc002	CSG-11	2.283	0.011	0.989
5	PAInc003	(-)144-2	2.300	0.011	0.989
6	PAInc004	CDG-4	2.298	0.011	0.989
7	PAInc004	CSG-8	2.555	0.005	0.995
8	PAInc005	CDG-6	2.297	0.011	0.989
9	PAInc005	CSG-9	2.311	0.010	0.990
10	PAInc005	CSG-12	2.227	0.013	0.987

NO	Arah 270				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAInc002	CSG-2	2.258	0.012	0.988
2	PAInc002	CSG-8	2.285	0.011	0.989
3	PAInc002	CSG-11	2.285	0.011	0.989
4	PAInc003	(-)144-2	2.311	0.010	0.990
5	PAInc003	(-)144-3	2.311	0.010	0.990
6	PAInc003	CDG-4	2.321	0.010	0.990
7	PAInc003	CDG-6	2.321	0.010	0.990
8	PAInc004	CSG-9	2.254	0.012	0.988
9	PAInc004	CSG-12	2.254	0.012	0.988
10					

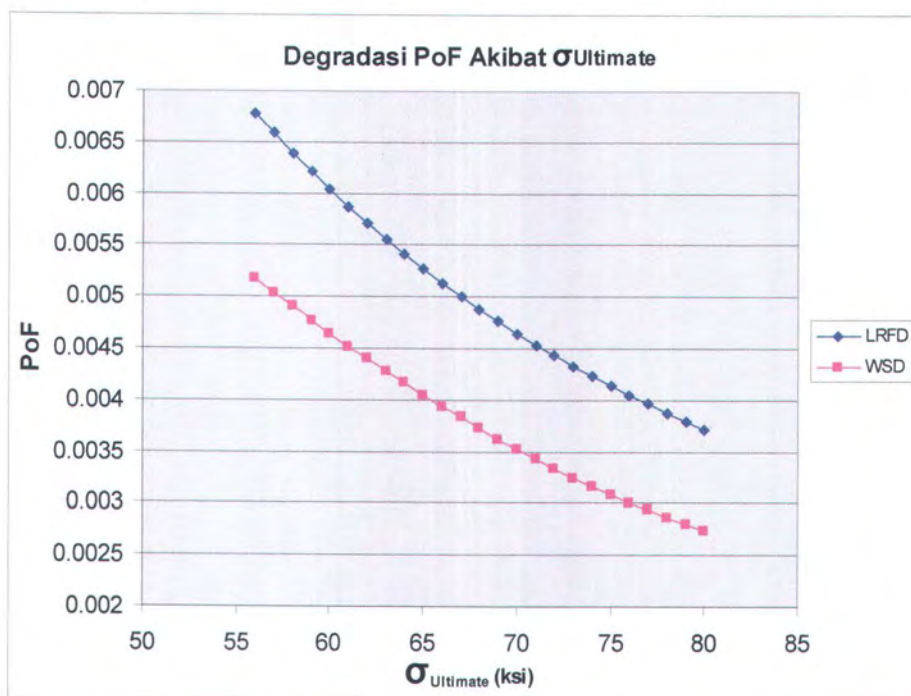
NO	Arah 300				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAInc002	(-)144-1	2.424	0.008	0.992
2	PAInc002	CSG-2	2.319	0.010	0.990
3	PAInc002	CSG-3	2.316	0.010	0.990
4	PAInc002	CSG-8	2.285	0.011	0.989
5	PAInc003	(-)144-3	2.301	0.011	0.989
6	PAInc004	CDG-6	2.314	0.010	0.990
7	PAInc004	CSG-11	2.309	0.010	0.990
8					
9					
10					

NO	Arah 330				
	Incremen	Member	Beta	PoF	Keandalan
1	PAInc001	CSG-3	2.647	0.004	0.996
2	PAInc002	(-)144-1	2.351	0.009	0.991
3	PAInc002	(-)144-3	2.364	0.009	0.991
4	PAInc002	CSG-1	2.675	0.004	0.996
5	PAInc002	CSG-2	2.440	0.007	0.993
6					
7					
8					
9					
10					

Hasil perhitungan keandalan API RP 2A LRFD,1stedition yang ditunjukkan pada Tabel 4.9 secara keseluruhan indeks keandalannya lebih kecil daripada keandalan API RP 2A WSD,21stedition. Hal ini disebabkan besarnya beban lingkungan yang digunakan sebagai *load incremen*. Grafik perbandingan indeks keandalan dan PoF antara API RP 2A WSD,21stedition dan API RP 2A LRFD,1stedition ditunjukkan sebagai berikut :



Gambar 4.2. Grafik Hubungan β dan $\sigma_{Ultimate}$ member CSG-1 pada arah 330^0 .



Gambar 4.3. Grafik Degradasi PoF member CSG-1 pada arah 330^0 .

Setelah diketahui keandalan tiap-tiap member maka dapat dilanjutkan dengan analisa keandalan sistem. Keandalan sistem dicari dengan mengelompokkan dalam bentuk seri-pararel. Tiap member yang gagal dalam satu inkremen akan diseri dan antara member yang gagal dengan inkremen yang berbeda akan dipararel sehingga didapat keandalan ataupun nilai PoF 12 arah pembebanan

Tabel 4.10. Keandalan Sistem Jacket APN-D

KEANDALAN SISTEM JACKET APN-D		
Arah	API RP 2A WSD,21 st edition	API RP 2A LRFD,1 st edition
0°	0.999989798	0.999992901
30°	0.999980099	0.999998914
60°	1.000000000	0.99999982
90°	0.999990658	0.999979121
120°	0.999999911	0.999999797
150°	0.999992512	0.999999888
180°	0.999999901	1.000000000
210°	0.99999648	0.999996317
240°	0.999999935	0.999999617
270°	0.999986557	0.99996698
300°	0.999999917	0.999992293
330°	0.999994121	0.999997239

Dari Tabel 4.10. diketahui bahwa nilai keandalan dari struktur APN-D hasil analisis API RP 2A LRFD,1stedition mempunyai harga yang hampir sama dengan hasil analisis API RP 2A WSD,21stedition terendah adalah 0.99996698 atau dengan nilai yang sama harga PoF sebesar 3.3×10^{-5} , harga ini masih berada pada range *target reliability* untuk kondisi ULS, yaitu antara 1×10^{-5} sampai 2×10^{-3} . *Target reliability* ini merupakan harga untuk North Sea karena di Indonesia belum ada harga untuk *target reliability*. Range harga ini didapat dari penelitian yang dilakukan oleh DNV dan API RP 2A sehingga untuk kondisi di Indonesia masih bisa diterima.

Dari perhitungan keandalan, kita dapat juga menghitung tegangan ultimate tiap member seperti pada Tabel 4.11 berikut :

Tabel 4.11 Tegangan Ultimate Beberapa Member

Member	API RP 2A WSD,21 st edition	API RP 2A LRFD,1 st edition
	Tegangan Ultimate (KSI)	Tegangan Ultimate (KSI)
(-)144-2	36.65	40.26
(-)144-3	36.64	40.34
CSG-8	37.23	45.93

CSG-11	37.11	46.12
CDG-4	35.27	47.11
CDG-6	35.32	47.09

Pada Tabel 4.11 diatas dapat dikatakan bahwa untuk member yang sama dengan analisis LRFD, member akan lebih jauh melewati batas tegangan ijin daripada analisis WSD. Sehingga untuk analisa LRFD sebuah member akan dapat mengalami plastic hinge daripada dengan analisa WSD.

Dalam analisa keandalan tiap member, tidak semua member melampaui peluang kegagalannya karena adanya *redundancy* struktur. *Redundancy* struktur ini dapat digambarkan dalam *redundancy system* (SR) yaitu beban pada saat struktur runtuh seluruhnya dibagi dengan beban yang bekerja pada saat pertama kali terjadi kegagalan pada satu member sehingga mengakibatkan *instability* pada struktur yaitu gejala *plastic hinge* pada member *jacket*. Harga SR untuk tiap-tiap arah pembebanan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.12. System Redundancy

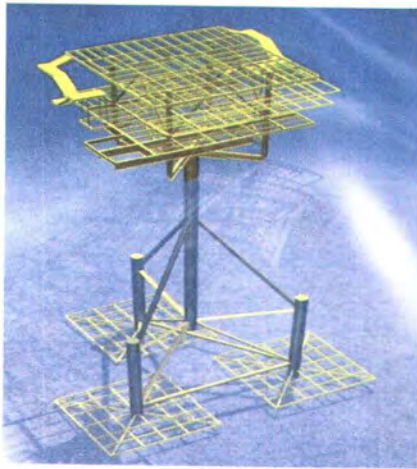
DIRECTIONS	System Redundancy	
	API RP 2A WSD,21 st edition	API RP 2A LRFD,1 st edition
0 °	2.00	1.24
30 °	2.00	1.21
60 °	1.07	1.50
90 °	2.00	1.37
120 °	1.25	1.50
150 °	2.00	1.35
180 °	1.25	1.50
210 °	2.00	1.37
240 °	1.25	1.50
270 °	2.00	1.36
300 °	1.06	1.36
330 °	2.00	1.20



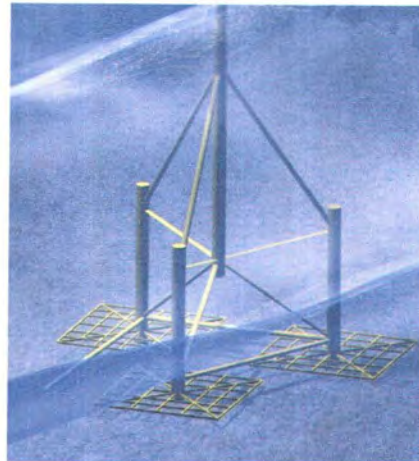
Dari Tabel 4.12 harga *system redundancy* terkecil pada kedua analisa tersebut adalah 1.06 pada arah 300⁰. Harga ini divalidasi dengan harga yang pernah diteliti oleh Bomel.Ltd (2003) di perairan North Sea sebesar 1.04, harga ini masih bisa diterima untuk kondisi perairan di Indonesia yang memang beban lingkungannya relatif lebih kecil dari North Sea.

4.4. Keruntuhan Struktur

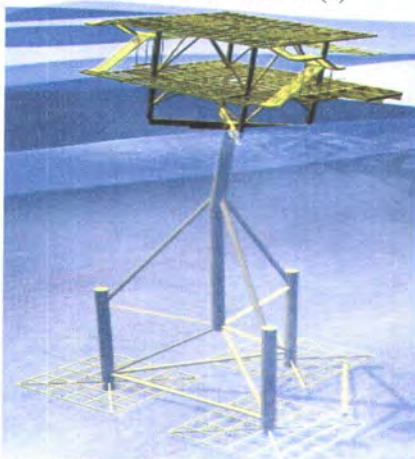
Setelah analisa pushover maka dapat dilihat keruntuhan struktur APN-D yang dimulai dengan adanya kegagalan member awal. Dengan kenaikan beban yang semakin besar maka kegagalan member semakin bertambah sehingga struktur tersebut akan *collapse*. Urutan keruntuhan struktur APN-D dapat dilihat pada gambar berikut :



Struktur awal APN-D (a)



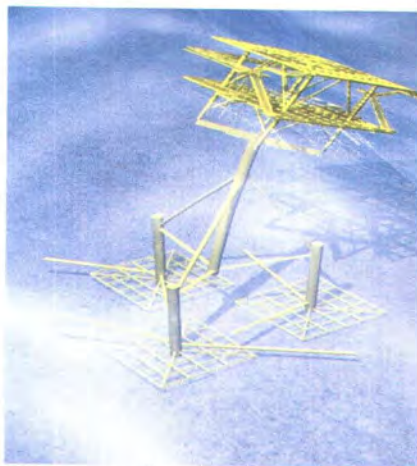
Member (-)144-1 gagal pada inkremen 2 (b)



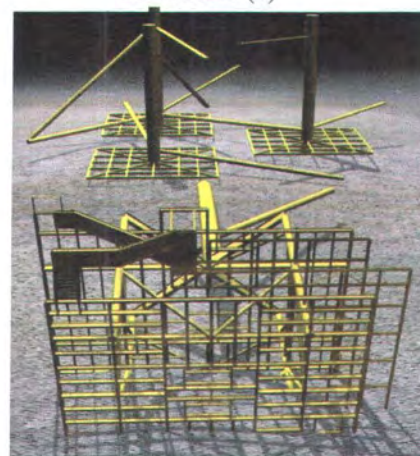
Ketidakstabilan struktur terdeteksi (c)



Member (-)144-2, CSG-1, CSG-2 gagal pada inkremen 3 (d)



Keadaan struktur sebelum *collapse* (e)



Struktur *collapse* setelah member CSG-3 gagal pada inkremen 5 (f)

Gambar 4.4 Animasi Keruntuhan Struktur APN-D Pada Arah Pembebanan 330°

Keruntuhan struktur APN-D dipengaruhi kenaikan beban lingkungan (beban gelombang) dan adanya *plastic hinge* pada material jacket.

Pada awal design level struktur ini belum mengalami kegagalan pada membernya, kemudian dengan kenaikan beban gelombang (*inkremen 2*) maka member pada jacket mengalami peningkatan tegangan sehingga pada member (-)144-1 gagal. Member (-)144-1 belum mengalami *plastic hinge* seluruhnya pada *inkremen 1* tetapi setelah *inkremen 2* *plastic hinge* terbentuk 100% sehingga member ini mengalami gagal. (Gambar 4.4 (b))

Setelah member (-)144-1 gagal maka distribusi beban sudah tidak merata yang artinya struktur APN-D ini mengalami *instability* (ketidakstabilan) atau sebagian member pada jacket struktur mengalami *plastic hinge*. (Gambar 4.4 (c))

Pada penambahan beban untuk yang ke 3 maka kegagalan terjadi pada member (-)144-2, CSG-1, CSG-2. Kegagalan member ini dikarenakan *overstress* akibat distribusi beban yang tidak merata sehingga member mengalami *plastic hinge* dan mencapai *limit load* atau kekakuan member mencapai 0, sehingga kekakuan global struktur juga akan mendekati 0 karena sudah 4 member gagal maka pada penambahan beban ke-5 member CSG-3 akan gagal karena konfigurasi dari struktur sudah berubah banyak dan struktur benar-benar tidak mampu lagi menahan beban dan menyebabkan kegagalan seluruh struktur (*collapse*).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi analisa pushover yang dilakukan pada Struktur APN-D dengan beban gelombang kondisi ekstrem *load incremen* diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai *Reserve Strength Ratio* Struktur APN-D sebesar 3.75 hasil analisis API RP 2A WSD, 21st edition dan 2.4 hasil analisis API RP 2A LRFD, 1st edition. Nilai RSR untuk kedua code tersebut mempunyai harga diatas nilai minimum RSR yang disyaratkan sebesar 1.6 sehingga dapat disimpulkan bahwa struktur tersebut aman dan tidak perlu adanya mitigasi untuk kondisi *ultimate limit state*.
2. Keandalan member hasil analisis LRFD sebesar 0.986 terdapat pada member CSG-5 pada arah 30°, hasil ini lebih kecil daripada keandalan member hasil analisis WSD yaitu sebesar 0.988 yang terjadi pada member CSG-2 pada arah 240°. Nilai keandalan member untuk kedua hasil analisis tersebut masih berada pada batas aman yaitu lebih besar dari 0.97725 seperti yang disyaratkan oleh target reliability. Sedangkan nilai keandalan sistem hasil analisis LRFD sebesar 0.99996698 dan hasil analisis WSD sebesar 0.999980099, nilai ini juga masih berada pada batas aman yaitu dari 0.98 seperti yang disyaratkan.
3. Nilai tegangan *ultimate* material hasil analisis LRFD sebesar 45.93 ksi dan untuk analisis WSD sebesar 37.23 ksi untuk member CSG-8 pada arah 330°. Nilai tersebut dapat membuktikan bahwa dengan menggunakan *API RP 2A-LRFD* sebagai referensi maka akan diperoleh desain akhir yang lebih rasional dan distribusi beban akan lebih merata bila dibandingkan dengan menggunakan *API RP 2A-WSD*.

5.2 Saran

1. Studi kekuatan anjungan struktur APN-D ini hanya mempertimbangkan beban lingkungan sebagai beban lateral yang dijadikan sebagai beban *ultimate*, sedangkan untuk beban lateral masih ada beban *seismic*, beban *thermal*. Untuk itu masih perlu dilakukan analisa *push over* untuk kombinasi antara kondisi *seismic* dan beban *thermal*.

2. Analisa keandalan struktur dikembangkan dengan mempertimbangkan kegagalan *fatigue*, sehingga perlu dilakukan analisa kombinasi keandalan *ultimate limit* dan *fatigue limit*.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- ABS. 2004. **Guidance Notes on Dynamic Analysis Procedure for Self-Elevating Drilling Units.**
- American Petroleum Institute. 1993. **Recommended Practice For Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platform-Load and Resistance Factor Design, API Recommended Practice 2A (RP 2A) LRFD.**
- American Petroleum Institute. 2000. **Recommended Practice For Planning and Constructing Fixed Offshore Platform-Working Stress Design, API Recommended Practice 2A (RP 2A) WSD.**
- Bomel Ltd. 2003 "System-Based Calibration of North West European Annex Environmental Load Factors for ISO Fixed Steel Offshore Structures Code 19902". Report **Joint Industry Project with Health and Safety Executive** no 87.
- Bramlette, M dan Reifel, M.D (1986). **Planning an Design of Fixed Offshore Structure.** Houston, Texas.
- Chakrabarty, S. K. 1987. **Hydrodynamics of Offshore Structure.** Computational Mechanics Publications Southampton. Boston. USA.
- Dawson, T. H. 1983. **Offshore Structural Engineering.** Prentice-Hall Inc. Engelwood Cliffts. New Jersey. USA.
- Ditjen-Migas. 2004. **Workshop Pemeriksaan Teknis Anjungan Lepas Pantai Pasca Umur Perencanaan.** Bandung.
- GT Strudl Users Group. 2003. **GTSTRUDL Pushover Analysis-How Do You Do It? What Do You Get?,** Clearwater Beach, FL.
- Health and Safety Executive (1999). **Target Levels for Reliability~Based Assessment of Structure during Design and Operation,** Norwich.
- Health and Safety Executive (2003). **Component-based calibration of North West European annex environmental load factors for the ISO fixed steel offshore structures code 19902.** Norwich
- Logan,L.D. 1985. **Finite Element Method.** Rose-Human Institut of Technology.
- Mori Y. and B. Ellingwood (1993). "Reliability-based Service-life Assessment of Aging Concrete Structures," J. Str. Engrg., ASCE, 119(5), pp.1600-1621.

- Murdjito. 1996. **Diktat Pengantar Bangunan Lepas Pantai**. Kursus Segitiga Biru ITS-Unhas-Unpati. FTK ITS. Surabaya.
- Murdjito. 1997. **Inovasi dalam Perancangan Jack-Up Platform untuk Perairan Dalam**. Lembaga Penelitian ITS. Surabaya.
- Nugraha, O.D.K (2002). Studi Perbandingan Kekuatan Struktur Fixed Jacket Steel Platform Terhadap Aplikasi API RP 2A-LRFD Dengan API RP 2A-WSD. **Tugas Akhir**, Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS, Surabaya.
- Popov. E.P, 1995. **Mekanika Teknik**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Rosyid, D.M dan Muhktasor, 2002. **Diktat Kuliah Analisa Keandalan**, Jurusan Teknik Kelautan, ITS, Surabaya.
- Soedjono, J. J. 1999. **Perancangan Sistem Bangunan Laut**. Fakultas Teknologi Kelautan. ITS. Surabaya.
- Sutomo, Jusuf. 2003. **Diktat Kuliah Kelelahan dan Kepecahan**, Jurusan Teknik Kelautan, ITS, Surabaya.
- Timoshenko, S. 1940. **Theory of Plate and Shell, 2nd Edition**. McGraw-Hill. New York. USA.
- Waluyo, P.R (2003). **Diktat Kuliah Finite Element Model**. Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS, Surabaya.



**LAMPIRAN
INPUT PEMODELAN
GT STRUDL ARAH 0°**

Input pemodelan GT Strudl arah 0°

```
$ SELOS      'APN-D PLATFORM/BP WEST JAVA'
$ OUTPUT UNITS ENGLISH
$ SAVE LOADINGS
$ PRINT LOADING TOTALS ONLY LOAD REFERENCE JOINT 'MUD'
$ IDENTIFY UNRECOGNIZED COMMANDS
$ MEMBER DRAG FORCE PRESSURE RESOLUTION
STRUDL      'APND'      'INPLAE ANALYSIS'
$$
$$ This      GTSTRUDL file created from GTMenu on 04/23/2006
$$
UNITS      MM      TONS      DEG      FAN
$$
$$
JOINT COORDINATES GLOBAL
3301      0.0000000E+00      4.5719924E+00      0.0000000E+00
2041      0.0000000E+00      -8.1679878E+00      0.0000000E+00
1071      0.0000000E+00      -3.2003994E+01      0.0000000E+00
2201      -1.0394000E+01      -4.4069000E+01      -6.0010004E+00
2202      1.0394000E+01      -4.4069000E+01      -6.0010004E+00
2203      0.0000000E+00      -4.4069000E+01      1.2002001E+01
10122     1.0393991E+01      -2.8955973E+01      -6.0009947E+00
10121     -1.0393991E+01      -2.8955973E+01      -6.0009947E+00
33123     0.0000000E+00      -3.3584961E+01      0.0000000E+00
1061      0.0000000E+00      -4.5971016E+01      -6.0010004E+00
1101      1.0394000E+01      -4.5971016E+01      -6.0010004E+00
1102     -1.0394000E+01      -4.5971016E+01      -6.0010004E+00
1103      0.0000000E+00      -4.5971016E+01      1.2002001E+01
1104      6.7499952E+00      -4.5970985E+01      1.8751989E+01
1105     -6.7499952E+00      -4.5970985E+01      1.8751989E+01
1106      6.7499952E+00      -4.5970985E+01      5.2519970E+00
1107     -6.7499952E+00      -4.5970985E+01      5.2519970E+00
1108      6.7499990E+00      -4.5971016E+01      1.2002001E+01
1109      0.0000000E+00      -4.5970985E+01      5.2519970E+00
11010     -6.7499990E+00      -4.5971016E+01      1.2002001E+01
11011     0.0000000E+00      -4.5970985E+01      1.8751989E+01
10131     0.0000000E+00      -3.0346972E+01      0.0000000E+00
2031      0.0000000E+00      -1.0500000E+01      0.0000000E+00
3302     -1.5129977E+00      4.5719924E+00      1.8599972E-01
3303      1.5129977E+00      4.5719924E+00      1.8599972E-01
10141     0.0000000E+00      -2.9642002E+01      0.0000000E+00
116       0.0000000E+00      6.6999865E-01      0.0000000E+00
2021      0.0000000E+00      -1.1204990E+01      0.0000000E+00
3304      5.0289922E+00      4.5719924E+00      5.0289922E+00
3305      5.0289922E+00      4.5719924E+00      -5.0289922E+00
3306     -5.0289922E+00      4.5719924E+00      5.0289922E+00
3307     -5.0289922E+00      4.5719924E+00      -5.0289922E+00
4401      5.0289955E+00      1.1429991E+01      5.0289955E+00
4402      5.0289955E+00      1.1429991E+01      -5.0289955E+00
4403     -5.0289955E+00      1.1429991E+01      -5.0289955E+00
4404     -5.0289955E+00      1.1429991E+01      -8.0769930E+00
4405      5.0289955E+00      1.1429991E+01      -8.0769930E+00
4406     -8.0769930E+00      1.1429991E+01      -8.0769930E+00
4407     -8.0769930E+00      1.1429991E+01      -8.0769930E+00
4408      8.0769930E+00      1.1429991E+01      -5.0289960E+00
4409     -8.0769930E+00      1.1429991E+01      -5.0289960E+00
44010     -8.0769930E+00      1.1429991E+01      -7.0609932E+00
44011     -8.0769930E+00      1.1429991E+01      -6.0449944E+00
44012     -5.0289955E+00      1.1429991E+01      -7.0609932E+00
44013     -5.0289955E+00      1.1429991E+01      -6.0449944E+00
44014      5.0289955E+00      1.1429991E+01      -7.0609932E+00
44015      5.0289955E+00      1.1429991E+01      -6.0449944E+00
44016      8.0769930E+00      1.1429991E+01      -7.0609932E+00
44017     -8.0769930E+00      1.1429991E+01      -6.0449944E+00
44018     -2.1329982E+00      1.1429991E+01      -8.0769930E+00
44019      0.0000000E+00      1.1429991E+01      -8.0769930E+00
44020      2.1329982E+00      1.1429991E+01      -8.0769930E+00
44021     -2.1329982E+00      1.1429991E+01      -7.0609932E+00
44022      0.0000000E+00      1.1429991E+01      -7.0609932E+00
44023      2.1329982E+00      1.1429991E+01      -7.0609932E+00
44024     -2.1329982E+00      1.1429991E+01      -6.0449944E+00
44025      0.0000000E+00      1.1429991E+01      -6.0449944E+00
44026      2.1329982E+00      1.1429991E+01      -6.0449944E+00
44027     -2.1329982E+00      1.1429991E+01      -5.0289955E+00
44028      0.0000000E+00      1.1429991E+01      -5.0289955E+00
44029      2.1329982E+00      1.1429991E+01      -5.0289955E+00
5501     -3.1999972E+00      1.4429981E+01      2.5139971E+00
5502      3.1999972E+00      1.4429981E+01      2.5139971E+00
5503     -3.1999972E+00      1.4429981E+01      -3.5809963E+00
5504      3.1999972E+00      1.4429981E+01      -3.5809963E+00
5505     -3.1999972E+00      1.4429981E+01      -2.5134971E+00
5506      3.1999972E+00      1.4429981E+01      -1.1934991E+00
5507     -3.1999972E+00      1.4429981E+01      1.2650000E-01
5508      3.1999972E+00      1.4429981E+01      1.4464991E+00
5509      3.1999972E+00      1.4429981E+01      -1.1934991E+00
55010     3.1999972E+00      1.4429981E+01      1.2650000E-01
55011     3.1999972E+00      1.4429981E+01      1.4464991E+00
55012     -2.1329982E+00      1.4429981E+01      -3.5809963E+00
55013     -7.1099907E-01      1.4429981E+01      -3.5809963E+00
55014     2.1329982E+00      1.4429981E+01      -3.5809963E+00
55015     2.1329982E+00      1.4429981E+01      -3.5809963E+00
55016     -2.1329982E+00      1.4429981E+01      -2.5139971E+00
55017     -7.1099907E-01      1.4429981E+01      2.5139971E+00
55018     -7.1099907E-01      1.4429981E+01      2.5139971E+00
55019     7.1099907E-01      1.4429981E+01      2.5139971E+00
55020      2.1329982E+00      1.4429981E+01      2.5139971E+00
55021     2.1329982E+00      1.4429981E+01      -2.5134971E+00
55022     2.1329982E+00      1.4429981E+01      -1.1934991E+00
55023     2.1329982E+00      1.4429981E+01      1.2650000E-01
55024     2.1329982E+00      1.4429981E+01      1.4464991E+00
55025     7.1099907E-01      1.4429981E+01      -2.5134971E+00
55026     7.1099907E-01      1.4429981E+01      1.4464991E+00
55027     -7.1100003E-01      1.4429981E+01      -2.5134971E+00
55028     -7.1100003E-01      1.4429981E+01      1.4464991E+00
55029     -2.1329982E+00      1.4429981E+01      -2.5134971E+00
55030     -2.1329982E+00      1.4429981E+01      -1.1934991E+00
55031     -2.1329982E+00      1.4429981E+01      1.2650000E-01
55032     -2.1329982E+00      1.4429981E+01      1.4464991E+00
7701      8.0769930E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
7702      8.0769930E+00      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
7703     -8.0769930E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
7704     -8.0769930E+00      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
7705      5.0289955E+00      1.8897982E+01      5.0289955E+00
7706      5.0289955E+00      1.8897982E+01      -5.0289955E+00
7707     -5.0289955E+00      1.8897982E+01      5.0289955E+00
7708     -5.0289955E+00      1.8897982E+01      -5.0289955E+00
7709     -8.0769930E+00      1.8897982E+01      -5.0289960E+00
77010     -8.0769930E+00      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
77011     -8.0769930E+00      1.8897982E+01      -1.2189990E+00
77012     -8.0769930E+00      1.8897982E+01      0.0000000E+00
77013     -8.0769930E+00      1.8897982E+01      1.2189981E+00
77014     -8.0769930E+00      1.8897982E+01      2.4379971E+00
77015     -8.0769930E+00      1.8897982E+01      5.0289955E+00
77016     8.0769930E+00      1.8897982E+01      -5.0289960E+00
77017     8.0769930E+00      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
77018     8.0769930E+00      1.8897982E+01      -1.2189990E+00
77019     8.0769930E+00      1.8897982E+01      0.0000000E+00
77020     8.0769930E+00      1.8897982E+01      1.2189981E+00
77021     8.0769930E+00      1.8897982E+01      5.0289941E+00
77022     -7.0609932E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
77023     -6.0449944E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
77024     -5.0289960E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
77025     -3.7171462E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
77026     -2.5144961E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
77027     -1.2572470E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
77028     -1.0000000E-06      1.8897982E+01      8.0769930E+00
77029     1.2572470E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
77030     2.5144961E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
77031     3.7171443E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
77032     5.0289941E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
77033     6.0449924E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
77034     7.0609918E+00      1.8897982E+01      8.0769930E+00
77035     -7.0609932E+00      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
77036     -6.0449944E+00      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
77037     -5.0289960E+00      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
77038     -3.7171462E+00      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
77039     -2.5144980E+00      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
77040     -1.2572490E+00      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
77041     -1.0000000E-06      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
77042     1.2572470E+00      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
77043     2.5144961E+00      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
77044     5.0289941E+00      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
77045     6.0449924E+00      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
77046     7.0609918E+00      1.8897982E+01      -8.0769930E+00
77047     -5.0289955E+00      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
77048     5.0289955E+00      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
77049     -7.0609932E+00      1.8897982E+01      -5.0289960E+00
77050     -7.0609932E+00      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
77051     -7.0609932E+00      1.8897982E+01      5.0289955E+00
77052     -6.0449944E+00      1.8897982E+01      5.0289960E+00
77053     -6.0449953E+00      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
77054     -6.0449953E+00      1.8897982E+01      5.0289955E+00
77055     -3.7171474E+00      1.8897982E+01      5.0289955E+00
77056     -3.7171462E+00      1.8897982E+01      -5.0289955E+00
77057     -3.7171474E+00      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
77058     -2.5144992E+00      1.8897982E+01      5.0289955E+00
77059     -2.5144980E+00      1.8897982E+01      -5.0289955E+00
77060     -2.5144980E+00      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
77061     -1.2572501E+00      1.8897982E+01      5.0289955E+00
77062     -1.2572501E+00      1.8897982E+01      -5.0289955E+00
77063     -1.2572501E+00      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
77064     -2.0000000E-06      1.8897982E+01      5.0289955E+00
77065     -1.0000000E-06      1.8897982E+01      -5.0289955E+00
77066     -1.0000000E-06      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
77067     1.2572470E+00      1.8897982E+01      5.0289955E+00
77068     1.2572470E+00      1.8897982E+01      -5.0289955E+00
77069     1.2572470E+00      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
77070     2.5144961E+00      1.8897982E+01      5.0289955E+00
77071     2.5144961E+00      1.8897982E+01      -5.0289955E+00
77072     2.5144961E+00      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
77073     3.7171443E+00      1.8897982E+01      5.0289955E+00
77074     3.7171443E+00      1.8897982E+01      -5.0289955E+00
77075     3.7171443E+00      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
77076     -5.0289955E+00      1.8897982E+01      -1.2189990E+00
77077     5.0289955E+00      1.8897982E+01      -1.2189990E+00
77078     -2.5144980E+00      1.8897982E+01      -1.2189990E+00
77079     2.5144961E+00      1.8897982E+01      -1.2189990E+00
77080     -5.0289955E+00      1.8897982E+01      0.0000000E+00
77081     5.0289955E+00      1.8897982E+01      0.0000000E+00
77082     -2.5144980E+00      1.8897982E+01      0.0000000E+00
77083     2.5144961E+00      1.8897982E+01      0.0000000E+00
77084     -5.0289955E+00      1.8897982E+01      1.2189981E+00
77085     5.0289955E+00      1.8897982E+01      1.2189981E+00
77086     -2.5144980E+00      1.8897982E+01      1.2189981E+00
77087     2.5144961E+00      1.8897982E+01      1.2189981E+00
77088     6.0449924E+00      1.8897982E+01      -5.0289955E+00
77089     6.0449924E+00      1.8897982E+01      5.0289955E+00
77090     7.0609918E+00      1.8897982E+01      -5.0289955E+00
77091     7.0609918E+00      1.8897982E+01      5.0289955E+00
77092     5.0289955E+00      1.8897982E+01      2.4379971E+00
77093     -5.0289955E+00      1.8897982E+01      2.4379971E+00
77094     -7.0609932E+00      1.8897982E+01      2.4379971E+00
77095     -6.0449953E+00      1.8897982E+01      2.4379971E+00
77096     -3.7171474E+00      1.8897982E+01      2.4379971E+00
77097     -2.5144992E+00      1.8897982E+01      2.4379971E+00
77098     -1.2572501E+00      1.8897982E+01      2.4379971E+00
77099     -1.0000000E-06      1.8897982E+01      2.4379971E+00
770100     1.2572470E+00      1.8897982E+01      2.4379971E+00
770101     2.5144961E+00      1.8897982E+01      2.4379971E+00
770102     3.7171443E+00      1.8897982E+01      2.4379971E+00
770103     5.0289955E+00      1.8897982E+01      3.8095942E+00
770104     3.7171443E+00      1.8897982E+01      3.8095942E+00
770105     -5.0289955E+00      1.8897982E+01      3.8095953E+00
770106     -3.7171474E+00      1.8897982E+01      3.8095953E+00
770107     -3.7171474E+00      1.8897982E+01      -3.6573970E+00
770108     -5.0289955E+00      1.8897982E+01      -3.6573970E+00
770109     4.8259801E-01      1.8897982E+01      2.4379971E+00
770110     4.8259801E-01      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
770111     -4.8255101E-01      1.8897982E+01      -2.4379981E+00
770112     -4.8255101E-01      1.8897982E+01      2.4379971E+00
770113     4.8259801E-01      1.8897982E+01      0.0000000E+00
770114     -4.8255101E-01      1.8897982E+01      0.0000000E+00
44030     1.1977000E+01      1.1430000E+01      -8.0770006E+00
44031     1.1977000E+01      1.1430000E+01      -5.0290003E+00
44032     -5.0289955E+00      1.1429991E+01      5.0289955E+00
44033     8.0769930E+00      1.1429991E+01      9.3289909E+00
44034     -8.0769930E+00      1.1429991E+01      9.3289909E+00
```


44035	8.0769930E+00	1.1429991E+01	-2.5149980E+00	3309	1.5239977E+00	4.5719924E+00	-1.5239977E+00
44036	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	-2.5149980E+00	33010	-1.5239977E+00	4.5719924E+00	-1.5239977E+00
44037	1.1977000E+01	1.1430000E+01	-2.5150001E+00	33011	-1.5129977E+00	4.5719924E+00	1.5129977E+00
44038	5.0289955E+00	1.1429991E+01	-2.5149970E+00	33012	1.5129977E+00	4.5719924E+00	1.5129977E+00
44039	-5.0289955E+00	1.1429991E+01	5.0289955E+00	2032	0.0000000E+00	-1.0500000E+01	-1.5240000E+00
44040	2.1329982E+00	1.1429991E+01	5.0289955E+00	10133	0.0000000E+00	-3.0346972E+01	-1.5239981E+00
44041	0.0000000E+00	1.1429991E+01	5.0289955E+00	10132	1.5129991E+00	-3.0346972E+01	1.8600000E-01
44042	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	5.0289955E+00	10134	-1.5129991E+00	-3.0346972E+01	1.8600000E-01
44043	8.0769930E+00	1.1429991E+01	-3.7719972E+00	2034	1.5130000E+00	-1.0500000E+01	1.8600000E-01
44044	5.0289955E+00	1.1429991E+01	-3.7719960E+00	2033	-1.5130000E+00	-1.0500000E+01	1.8600000E-01
44045	-5.0289955E+00	1.1429991E+01	-3.7719960E+00	2013	2.1650631E+00	-1.2498131E+01	-1.2500041E+00
44046	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	-3.7719972E+00	2012	0.0000000E+00	-1.2498131E+01	2.5000072E+00
44047	2.1329982E+00	1.1429991E+01	-3.7719960E+00	2011	-2.1650631E+00	-1.2498131E+01	-1.2500041E+00
44048	0.0000000E+00	1.1429991E+01	-3.7719960E+00	11012	0.0000000E+00	-4.5970985E+01	9.2519932E+00
44049	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	-3.7719960E+00	11013	-6.7499952E+00	-4.5970985E+01	9.2519932E+00
44050	0.0000000E+00	1.1429991E+01	-2.5149970E+00	11014	6.7499952E+00	-4.5970985E+01	9.2519970E+00
44051	8.0769930E+00	1.1429991E+01	0.0000000E+00	11015	6.7499990E+00	-4.5971016E+01	1.4752000E+01
44052	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	0.0000000E+00	11016	0.0000000E+00	-4.5971016E+01	1.4752000E+01
44053	5.0289955E+00	1.1429991E+01	0.0000000E+00	11017	-6.7499990E+00	-4.5971016E+01	1.4752000E+01
44054	-5.0289955E+00	1.1429991E+01	0.0000000E+00	11018	6.7499952E+00	-4.5970985E+01	7.2519960E+00
44055	2.1329982E+00	1.1429991E+01	0.0000000E+00	11019	0.0000000E+00	-4.5970985E+01	7.2519960E+00
44056	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	0.0000000E+00	11020	-6.7499952E+00	-4.5970985E+01	7.2519960E+00
44057	8.0769930E+00	1.1429991E+01	-1.2574990E+00	11021	6.7499990E+00	-4.5971016E+01	1.6752001E+01
44058	5.0289955E+00	1.1429991E+01	-1.2574990E+00	11022	0.0000000E+00	-4.5971016E+01	1.6752001E+01
44059	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	-1.2574990E+00	11023	-6.7499990E+00	-4.5971016E+01	1.6752001E+01
44060	2.1329982E+00	1.1429991E+01	-1.2574990E+00	11024	2.7499981E+00	-4.5970985E+01	5.2519970E+00
44061	-5.0289955E+00	1.1429991E+01	-1.2574990E+00	11025	-2.7499981E+00	-4.5970985E+01	5.2519970E+00
44062	8.0769930E+00	1.1429991E+01	1.2569981E+00	11026	2.7499981E+00	-4.5970985E+01	1.8751989E+01
44063	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	1.2569981E+00	11027	-2.7499981E+00	-4.5970985E+01	1.8751989E+01
44064	5.0289955E+00	1.1429991E+01	1.2569990E+00	11028	4.7500000E+00	-4.5971016E+01	1.2002001E+01
44065	2.1329982E+00	1.1429991E+01	1.2584990E+00	11029	4.7499971E+00	-4.5970985E+01	7.2519960E+00
44066	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	1.2584990E+00	11030	4.7500000E+00	-4.5971016E+01	1.6752001E+01
44067	-5.0289955E+00	1.1429991E+01	1.2569990E+00	11031	4.7499971E+00	-4.5970985E+01	9.2519932E+00
44068	0.0000000E+00	1.1429991E+01	1.2569990E+00	11032	4.7500000E+00	-4.5971016E+01	1.4752000E+01
44069	8.0769930E+00	1.1429991E+01	2.5149970E+00	11033	2.7499981E+00	-4.5970985E+01	9.2519932E+00
44070	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	2.5149970E+00	11034	2.7500000E+00	-4.5971016E+01	1.4752000E+01
44071	9.8769894E+00	1.1429991E+01	0.0000000E+00	11035	2.7500000E+00	-4.5971016E+01	1.2002001E+01
44072	9.8769894E+00	1.1429991E+01	2.5149970E+00	11036	2.7499981E+00	-4.5970985E+01	7.2519960E+00
44073	5.0289955E+00	1.1429991E+01	2.5149970E+00	11037	2.7500000E+00	-4.5971016E+01	1.6752001E+01
44074	2.1329982E+00	1.1429991E+01	2.5149961E+00	11038	-2.7500000E+00	-4.5971016E+01	1.2002001E+01
44075	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	2.5149961E+00	11039	-2.7499981E+00	-4.5970985E+01	9.2519970E+00
44076	-5.0289955E+00	1.1429991E+01	2.5149961E+00	11040	-2.7500000E+00	-4.5971016E+01	1.4752000E+01
44077	-9.8769894E+00	1.1429991E+01	0.0000000E+00	11041	-2.7499981E+00	-4.5970985E+01	7.2519960E+00
44078	-9.8769894E+00	1.1429991E+01	2.5149970E+00	11042	-2.7499990E+00	-4.5971016E+01	1.6752001E+01
44079	8.0769930E+00	1.1429991E+01	5.0289960E+00	11043	-4.7500000E+00	-4.5971016E+01	1.2002001E+01
44080	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	5.0289960E+00	11044	-4.7499971E+00	-4.5970985E+01	7.2519960E+00
44081	0.0000000E+00	1.1429991E+01	2.5149961E+00	11045	-4.7500000E+00	-4.5971016E+01	1.6752001E+01
44082	8.0769930E+00	1.1429991E+01	3.7719960E+00	11046	-4.7499971E+00	-4.5970985E+01	9.2519932E+00
44083	5.0289955E+00	1.1429991E+01	3.7719960E+00	11047	-4.7500000E+00	-4.5971016E+01	1.4752000E+01
44084	2.1329982E+00	1.1429991E+01	3.7719960E+00	11048	-3.6439981E+00	-4.5970985E+01	7.4899924E-01
44085	0.0000000E+00	1.1429991E+01	3.7719960E+00	11049	-3.6439981E+00	-4.5970985E+01	-1.2509987E+00
44086	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	3.7719960E+00	11050	-1.7144001E+01	-4.5971016E+01	-1.2751000E+01
44087	-5.0289955E+00	1.1429991E+01	3.7719953E+00	11051	-1.7144001E+01	-4.5971016E+01	-1.0751000E+01
44088	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	3.7719960E+00	11052	-1.0394000E+01	-4.5971016E+01	-1.2751000E+01
44089	3.5809963E+00	1.1429991E+01	1.2569990E+00	11053	-1.3144000E+01	-4.5971016E+01	-1.2751000E+01
44090	3.5809963E+00	1.1429991E+01	2.5149961E+00	11054	-1.7144001E+01	-4.5971016E+01	-6.0010004E+00
44091	3.5809963E+00	1.1429991E+01	3.7719960E+00	11055	-1.7144001E+01	-4.5971016E+01	-3.2510002E+00
44092	3.5809963E+00	1.1429991E+01	5.0289955E+00	11056	-1.0394000E+01	-4.5971016E+01	7.4900001E-01
44093	8.0769930E+00	1.1429991E+01	7.1789937E+00	11057	-7.6439962E+00	-4.5970985E+01	7.4899924E-01
44094	8.0769930E+00	1.1429991E+01	8.2539930E+00	11058	-1.5144001E+01	-4.5971016E+01	-6.0010004E+00
44095	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	6.1039944E+00	11059	-1.0394000E+01	-4.5971016E+01	-8.7510014E+00
44096	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	7.1789937E+00	11060	-1.7144001E+01	-4.5971016E+01	-8.7510014E+00
44097	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	8.2539930E+00	11061	-3.6439981E+00	-4.5970985E+01	-8.7509956E+00
44098	5.0289960E+00	1.1429991E+01	9.3289909E+00	11062	-3.6440001E+00	-4.5971016E+01	-1.0751000E+01
44099	2.1329982E+00	1.1429991E+01	9.3289909E+00	11063	-5.6439977E+00	-4.5970985E+01	-8.7509956E+00
44100	0.0000000E+00	1.1429991E+01	9.3289909E+00	11064	-1.3144000E+01	-4.5971016E+01	-8.7510014E+00
44101	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	9.3289909E+00	11065	-3.6439981E+00	-4.5970985E+01	-3.2509987E+00
44102	-5.0289955E+00	1.1429991E+01	9.3289909E+00	11066	-3.6439981E+00	-4.5970985E+01	-6.0009971E+00
44103	5.0289955E+00	1.1429991E+01	6.1039934E+00	11067	-1.7144001E+01	-4.5971016E+01	-1.2509991E+00
44104	2.1329982E+00	1.1429991E+01	6.1039934E+00	11068	-5.6439977E+00	-4.5970985E+01	-3.2509987E+00
44105	0.0000000E+00	1.1429991E+01	6.1039934E+00	11069	-1.0394000E+01	-4.5971016E+01	-3.2510002E+00
44106	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	6.1039934E+00	11070	-1.3144000E+01	-4.5971016E+01	-3.2510002E+00
44107	-5.0289955E+00	1.1429991E+01	6.1039934E+00	11071	-1.0394000E+01	-4.5971016E+01	-1.0751000E+01
44108	5.0289955E+00	1.1429991E+01	7.1789937E+00	11072	-1.0394000E+01	-4.5971016E+01	-1.2509991E+00
44109	2.1329982E+00	1.1429991E+01	7.1789937E+00	11073	-1.7144001E+01	-4.5971016E+01	7.4900001E-01
44110	0.0000000E+00	1.1429991E+01	7.1789937E+00	11074	-5.6440015E+00	-4.5971016E+01	-1.0751000E+01
44111	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	7.1789937E+00	11075	-1.3144000E+01	-4.5971016E+01	-1.0751000E+01
44112	-5.0289955E+00	1.1429991E+01	7.1789937E+00	11076	-5.6439977E+00	-4.5970985E+01	-1.2509987E+00
44113	5.0289960E+00	1.1429991E+01	8.2539930E+00	11077	-1.3144000E+01	-4.5971016E+01	-1.2509991E+00
44114	2.1329982E+00	1.1429991E+01	8.2539930E+00	11078	-7.6440001E+00	-4.5971016E+01	-1.2751000E+01
44115	0.0000000E+00	1.1429991E+01	8.2539930E+00	11079	-1.3144000E+01	-4.5971016E+01	7.4900001E-01
44116	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	8.2539930E+00	11080	-5.6439977E+00	-4.5970985E+01	-6.0009971E+00
44117	-5.0289955E+00	1.1429991E+01	8.2539930E+00	11081	-7.6439962E+00	-4.5970985E+01	-6.0009971E+00
44118	9.7529896E+00	1.1429991E+01	7.1789937E+00	11082	-7.6439962E+00	-4.5970985E+01	-8.7509956E+00
44119	9.7529896E+00	1.1429991E+01	8.2539930E+00	11083	-7.6439962E+00	-4.5971016E+01	-3.2509987E+00
44120	8.6449919E+00	1.1429991E+01	9.3289909E+00	11084	-7.6439962E+00	-4.5970985E+01	-1.0751000E+01
44121	8.6449919E+00	1.1429991E+01	7.1789937E+00	11085	-7.6439962E+00	-4.5970985E+01	-1.2509987E+00
44122	-1.1121960E+01	1.1429991E+01	9.3289909E+00	11086	-1.3144000E+01	-4.5971016E+01	-6.0010004E+00
44123	-9.7529896E+00	1.1429991E+01	9.3289909E+00	11087	-1.5144001E+01	-4.5971016E+01	-8.7510014E+00
44124	-9.7529896E+00	1.1429991E+01	7.1789937E+00	11088	-1.5144001E+01	-4.5971016E+01	-3.2510002E+00
44125	-9.7529896E+00	1.1429991E+01	8.2539930E+00	11089	-1.5144001E+01	-4.5971016E+01	-1.0751000E+01
44126	-8.5189915E+00	1.1429991E+01	7.1789937E+00	11090	-1.5144001E+01	-4.5971016E+01	-1.2509991E+00
44127	-8.5189915E+00	1.1429991E+01	8.2539930E+00	11091	-3.6440001E+00	-4.5971016E+01	-1.2751000E+01
770115	5.0289955E+00	1.8897982E+01	-3.8099961E+00	11092	1.7144001		

110120	1.5144001E+01	-4.5971016E+01	-1.2509991E+00	4018	8.0770006E+00	1.2953011E+01	7.2800004E-01
110121	7.6439962E+00	-4.5970985E+01	-1.2509998E+00	4017	9.8770018E+00	1.2953011E+01	7.2800004E-01
110122	1.3144000E+01	-4.5971016E+01	-1.2751000E+01	4028	8.0770006E+00	1.4477080E+01	7.2800004E-01
110123	7.6439962E+00	-4.5970985E+01	7.4899924E-01	4027	9.8770018E+00	1.4477080E+01	7.2800004E-01
110124	1.5144001E+01	-4.5971016E+01	-6.0010004E+00	66032	1.1177011E+01	1.6002010E+01	7.2800004E-01
110125	1.3144000E+01	-4.5971016E+01	-6.0010004E+00	66033	1.1177011E+01	1.6002010E+01	1.9470011E+00
110126	1.3144000E+01	-4.5971016E+01	-8.7510014E+00	770159	-5.0289922E+00	1.7830982E+01	5.0289922E+00
110127	1.3144000E+01	-4.5971016E+01	-3.2510002E+00	770162	-8.0769892E+00	1.7830982E+01	5.0289922E+00
110128	1.3144000E+01	-4.5971016E+01	-1.0751000E+01	770163	5.0289922E+00	1.7830982E+01	5.0289922E+00
110129	1.3144000E+01	-4.5971016E+01	-1.2509991E+00	770164	1.1196001E+01	1.7831011E+01	5.0290003E+00
110130	7.6439962E+00	-4.5970985E+01	-6.0009971E+00	770165	8.0769892E+00	1.7830982E+01	5.0289922E+00
110131	5.6439977E+00	-4.5970985E+01	-8.7509966E+00	901	0.0000000E+00	1.5239978E+00	0.0000000E+00
110132	5.6439977E+00	-4.5970985E+01	-3.2509987E+00	902	1.0069989E+00	1.5239984E+00	-1.7269983E+00
110133	5.6440015E+00	-4.5971016E+01	-1.0751000E+01	903	1.0069989E+00	1.5239984E+00	-2.4319975E+00
110134	5.6439977E+00	-4.5970985E+01	-1.2509987E+00	904	-6.5399939E-01	1.5239984E+00	-2.4319975E+00
110135	1.7144001E+01	-4.5971016E+01	-1.2751000E+01	905	-1.5759984E+00	1.5239984E+00	-1.3819987E+00
110136	0.0000000E+00	-4.5970985E+01	-1.5239993E+00	906	-2.4969976E+00	1.5239984E+00	-3.3099967E-01
110137	1.5129995E+00	-4.5970985E+01	1.8599981E-01	907	-2.2799978E+00	1.5239984E+00	1.3159987E+00
110138	-1.5129995E+00	-4.5970985E+01	1.8599981E-01	908	-1.5809984E+00	1.5239984E+00	1.2239988E+00
440130	0.0000000E+00	1.1429991E+01	-1.5239981E+00	909	0.0000000E+00	4.3199918E-01	0.0000000E+00
440131	-1.5129991E+00	1.1429991E+01	1.8600000E-01	9010	8.1904036E-01	1.5239983E+00	-1.4046506E+00
440132	-1.5129991E+00	1.1429991E+01	1.8600000E-01	9011	-1.2857155E+00	1.5239983E+00	9.9539250E-01
440133	8.0769930E+00	1.1429991E+01	1.6319982E+00	802	5.0370999E-02	4.3199900E-01	-8.6387001E-02
440134	-2.9829972E+00	1.1429991E+01	-5.0289955E+00	803	-7.9072282E-02	4.3199918E-01	6.1217271E-02
440135	5.0289955E+00	1.1429991E+01	-9.0699911E-01	804	-1.2857155E+00	1.4239998E+00	9.9539250E-01
440136	-1.5599982E+00	1.1429991E+01	-8.0769930E+00	805	8.1904036E-01	1.4239998E+00	1.4046506E+00
5012	-5.0289922E+00	1.7982971E+01	-5.0289922E+00	101	1.0394000E+01	-5.3285004E+01	-6.0010004E+00
5011	-5.0289922E+00	1.7982971E+01	5.0289922E+00	102	0.0000000E+00	-5.3285004E+01	1.2002001E+01
5014	5.0289922E+00	1.7982971E+01	-5.0289922E+00	103	-1.0394000E+01	-5.3285004E+01	-6.0010004E+00
5013	5.0289922E+00	1.7982971E+01	5.0289922E+00	770174	0.0000000E+00	-5.3284943E+01	-1.5239983E+00
900	0.0000000E+00	-3.0479953E+00	0.0000000E+00	770175	1.5129983E+00	-5.3284943E+01	1.8599980E-01
1022	1.0394000E+01	-4.4774014E+01	-6.0010004E+00	770176	-1.5129983E+00	-5.3284943E+01	1.8599980E-01
3033	5.0289922E+00	5.4869895E+00	-5.0289922E+00	770139	8.0769930E+00	1.8897982E+01	2.4379971E+00
3042	5.0289955E+00	1.0514991E+01	-5.0289955E+00	770140	6.0449944E+00	1.8897982E+01	2.4379971E+00
3031	-5.0289922E+00	5.4869895E+00	-5.0289922E+00	770141	7.0609932E+00	1.8897982E+01	2.4379971E+00
3044	-5.0289955E+00	1.0514991E+01	-5.0289955E+00	770142	3.7717443E+00	1.8897982E+01	-8.0769930E+00
3032	-5.0289922E+00	5.4869895E+00	5.0289922E+00	55036	2.1329982E+00	1.4429981E+01	-1.0623991E+00
3043	-5.0289955E+00	1.0514991E+01	5.0289955E+00	55037	-2.1329982E+00	1.4429981E+01	-1.0623991E+00
3034	5.0289922E+00	5.4869895E+00	5.0289922E+00	55038	-2.1329982E+00	1.4429981E+01	-2.7239901E-01
3041	5.0289955E+00	1.0514991E+01	5.0289955E+00	55039	2.1329982E+00	1.4429981E+01	-2.7239901E-01
1032	1.0393991E+01	-4.2509964E+01	-6.0009947E+00	55040	0.0000000E+00	1.4429981E+01	-1.0623991E+00
1042	1.0394000E+01	-4.1088001E+01	-6.0010004E+00	55041	0.0000000E+00	1.4429981E+01	-2.7239901E-01
1091	1.0394000E+01	-3.1275002E+01	-6.0010004E+00	440143	8.0769930E+00	1.1429991E+01	6.1039944E+00
10101	1.0394000E+01	-2.9853012E+01	-6.0010004E+00	440144	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	-1.2574990E+00
10153	1.0394000E+01	-2.7006011E+01	-6.0010004E+00	440145	0.0000000E+00	1.1429991E+01	5.5539947E+00
10161	1.0394000E+01	-2.6397999E+01	-6.0010004E+00	440146	-4.4999962E+00	1.1429991E+01	8.2539930E+00
10171	1.0393991E+01	-2.4975971E+01	-6.0009947E+00	440147	-4.4999962E+00	1.1429991E+01	5.0289955E+00
10152	0.0000000E+00	-2.7006011E+01	1.2002001E+01	440148	-4.4999962E+00	1.1429991E+01	6.1039934E+00
1021	0.0000000E+00	-4.4774014E+01	1.2002001E+01	440149	-4.4999962E+00	1.1429991E+01	7.1789913E+00
1031	0.0000000E+00	-4.2509964E+01	1.2001990E+01	440150	-4.4999962E+00	1.1429991E+01	5.5539947E+00
1041	0.0000000E+00	-4.1088001E+01	1.2002001E+01	440151	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	5.5539947E+00
1092	0.0000000E+00	-3.1275002E+01	1.2002001E+01	440152	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	-1.0639991E+00
10102	0.0000000E+00	-2.9853012E+01	1.2002001E+01	440153	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	-1.0639991E+00
10162	0.0000000E+00	-2.6397999E+01	1.2002001E+01	440154	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	-2.7399901E-01
10172	0.0000000E+00	-2.4975971E+01	1.2001990E+01	440155	-2.1329982E+00	1.1429991E+01	-2.7399901E-01
10151	-1.0394000E+01	-2.7006011E+01	-6.0010004E+00	440156	0.0000000E+00	1.1429991E+01	-1.0639991E+00
1023	-1.0394000E+01	-4.4774014E+01	-6.0010004E+00	440157	0.0000000E+00	1.1429991E+01	-2.7399901E-01
1033	-1.0393991E+01	-4.2509964E+01	-6.0009947E+00	440158	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	-2.2789972E+00
1043	-1.0394000E+01	-4.1088001E+01	-6.0010004E+00	440159	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	-6.8289943E+00
1093	-1.0394000E+01	-3.1275002E+01	-6.0010004E+00	770143	6.0449944E+00	1.8897982E+01	-2.4379981E+00
10103	-1.0394000E+01	-2.9853012E+01	-6.0010004E+00	770144	7.0609932E+00	1.8897982E+01	-2.4379981E+00
10163	-1.0393991E+01	-2.4975971E+01	-6.0009947E+00	440160	-8.0769930E+00	1.1429991E+01	7.6789932E+00
10173	-1.5108842E+00	-3.1560949E+01	-8.7231308E-01	440161	-6.8589931E+00	1.1429991E+01	0.0000000E+00
1061	-8.8831024E+00	-2.9399015E+01	-5.1286802E+00	440162	-6.8589931E+00	1.1429991E+01	-1.2574990E+00
10111	0.0000000E+00	-2.9399015E+01	1.0257380E+01	440163	-6.8589954E+00	1.1429991E+01	1.2569981E+00
10112	8.8831024E+00	-2.9399015E+01	-5.1286802E+00	440164	-6.8589954E+00	1.1429991E+01	2.5149961E+00
10113	-1.5108842E+00	-3.1560949E+01	-8.7231308E-01	440165	-6.8589954E+00	1.1429991E+01	3.7719960E+00
1083	0.0000000E+00	-3.1560949E+01	1.7446252E+00	440166	-6.8589954E+00	1.1429991E+01	5.0289955E+00
1082	1.0393991E+01	-3.9252964E+01	-6.0009947E+00	440167	-6.8589954E+00	1.1429991E+01	6.1039944E+00
1052	0.0000000E+00	-3.9252964E+01	1.2001990E+01	440168	-6.8589954E+00	1.1429991E+01	7.1789923E+00
1051	-1.0393991E+01	-3.9252964E+01	-6.0009947E+00	440169	-6.8589954E+00	1.1429991E+01	8.2539930E+00
33013	-2.5101933E+00	4.5719924E+00	2.5101933E+00	440170	2.1329982E+00	1.1429991E+01	7.9939914E+00
33014	-2.5101933E+00	4.5719924E+00	-2.5101933E+00	440171	5.0289955E+00	1.1429991E+01	7.9939914E+00
33015	2.5211935E+00	4.5719924E+00	-2.5211935E+00	440172	2.1329982E+00	1.1429991E+01	6.9189911E+00
33016	2.5101933E+00	4.5719924E+00	2.5101933E+00	440173	5.0289955E+00	1.1429991E+01	6.9189925E+00
6601	5.0289955E+00	1.6001980E+01	-5.0289955E+00	440174	5.4189944E+00	1.1429991E+01	6.1039934E+00
6602	-5.0289955E+00	1.6001980E+01	-5.0289955E+00	440175	5.4189944E+00	1.1429991E+01	7.1789937E+00
6603	-1.1176991E+01	1.6001980E+01	1.9469981E+00	440176	-7.5189943E+00	1.1429991E+01	-2.5149970E+00
6604	8.0769920E+00	1.6001980E+01	-6.8579931E+00	440177	-7.5189943E+00	1.1429991E+01	-3.7719972E+00
6605	8.0769920E+00	1.6001980E+01	-6.8579920E+00	440178	-4.2289982E+00	1.1429991E+01	0.0000000E+00
6606	-5.0289955E+00	1.6001980E+01	-8.0769920E+00	440179	-4.2289982E+00	1.1429991E+01	1.2574130E+00
6607	-5.0289955E+00	1.6001980E+01	-8.0769930E+00	440180	-5.5289950E+00	1.1429991E+01	8.2539930E+00
6608	5.0289955E+00	1.6001980E+01	-6.8579931E+00	440181	-5.5289950E+00	1.1429991E+01	7.1789913E+00
6609	-5.0289955E+00	1.6001980E+01	-6.8579941E+00	440182	-5.5289950E+00	1.1429991E+01	6.1039934E+00
66010	2.5139971E+00	1.6001980E+01	-8.0769920E+00	440183	-5.5289950E+00	1.1429991E+01	5.0289955E+00
66011	0.0000000E+00	1.6001980E+01	-8.0769920E+00	440184	-2.4329982E+00	1.1429991E+01	3.7719960E+00
66012	-2.5139971E+00	1.6001980E+01	-8.0769930E+00	440185	-3.3719971E+00	1.1429991E+01	3.7719953E+00
66013	2.5139971E+00	1.6001980E+01	-6.8579931E+00	440186	-4.3109980E+00	1.1429991E+01	3.7719953E+00
66014	0.0000000E+00	1.6001980E+01	-6.8579931E+00	440187	-2.4329982E+00	1.1429991E+01	5.0289955E+00
66015	-2.5139971E+00	1.6001980E+01	-6.8579941E+00	440188	-3.3719971E+00	1.1429991E+01	5.0289955E+00
66016	-6.6079931E+00	1.6001980E+01	-8.0769930E+00	440189	-4.3109980E+00	1.1429991E+01	5.0289955E+00
66017	-7.8269925E+00	1.6001980E+01	-8.0769920E+00	440190	-2.4329982E+00	1.1429991E+01	4.3289962E+00
66018	-6.6079931E+00	1.6001980E+01	-6.8579941E+00	440191	-3.3719971E+00	1.1429991E+01	4.3289952E+00
66019	-7.8269925E+00	1.6001980E+01	-6.8579931E+00	44			


```

770238      -1.0043995E+01  1.7830990E+01  4.3869977E+00
770239      -1.1110994E+01  1.7830999E+01  5.0289969E+00
770240      -1.0044001E+01  1.7830999E+01  5.0289984E+00
770241      -8.3439996E+00  1.7830990E+01  5.0289955E+00
770242      -8.3439960E+00  1.7830990E+01  4.3869977E+00
66034      -1.1177000E+01  1.6002001E+01  0.0000000E+00
66035      -9.8770008E+00  1.6001991E+01  0.0000000E+00
770245      -9.8769894E+00  1.4180990E+01  1.9469981E+00
770246      -8.0769930E+00  1.4180990E+01  1.9469981E+00
770247      -9.8769932E+00  1.2823990E+01  0.0000000E+00
770248      -8.0769930E+00  1.2823981E+01  0.0000000E+00
66036      -8.5189915E+00  1.6001980E+01  1.9469981E+00
66037      -1.0577001E+01  1.6002001E+01  -8.0769997E+00
66038      -1.0577001E+01  1.6002001E+01  -5.0290003E+00
66039      -1.0577001E+01  1.6002001E+01  -6.8579993E+00
66040      -8.4869919E+00  1.6001991E+01  -8.0769930E+00
66041      -1.0076990E+01  1.6002001E+01  -8.0769978E+00
66042      -8.4869919E+00  1.6001991E+01  -6.8579955E+00
66043      -1.0076990E+01  1.6002001E+01  -6.8579993E+00
66044      -8.4869919E+00  1.6001991E+01  -5.0289960E+00
66045      -1.0076990E+01  1.6002001E+01  -5.0289993E+00
66046      -8.4869995E+00  1.6001991E+01  0.0000000E+00
66047      -1.0077001E+01  1.6002001E+01  0.0000000E+00
66048      -7.8270001E+00  1.6002001E+01  -1.0827000E+01
66049      -8.0769997E+00  1.6002001E+01  -1.0827000E+01
66050      -5.0290003E+00  1.6002001E+01  -1.0827000E+01
66051      0.0000000E+00  1.6002001E+01  -1.0827000E+01
66052      5.0290003E+00  1.6002001E+01  -1.0827000E+01
66053      0.0000000E+00  1.6002001E+01  -5.7789998E+00
66054      -7.8269935E+00  1.6001991E+01  -8.7369919E+00
66055      -7.8269978E+00  1.6002001E+01  -1.0326990E+01
66056      -5.0289960E+00  1.6001991E+01  -8.7369928E+00
66057      -5.0289993E+00  1.6002001E+01  -1.0326990E+01
66058      0.0000000E+00  1.6001991E+01  -8.7369919E+00
66059      0.0000000E+00  1.6002001E+01  -1.0326990E+01
66060      5.0289960E+00  1.6001991E+01  -8.7369919E+00
66061      5.0289993E+00  1.6002001E+01  -1.0326990E+01
66062      8.0769930E+00  1.6001991E+01  -8.7369919E+00
66063      8.0769978E+00  1.6002001E+01  -1.0326990E+01
770278      -1.0000000E-06  1.8897982E+01  -5.7789941E+00
66064      -8.0769920E+00  1.6001980E+01  1.9469981E+00
66065      -8.0769920E+00  1.6001980E+01  0.0000000E+00
66066      -1.0043991E+01  1.6001980E+01  1.9469981E+00
66067      -1.1110991E+01  1.6001980E+01  1.9469981E+00
66068      -8.0769920E+00  1.6001980E+01  -8.0769930E+00
440212      -1.0729991E+01  1.1429991E+01  8.2539930E+00
440213      -1.0729991E+01  1.1429991E+01  9.3289909E+00
770287      -1.1111000E+01  1.7831011E+01  5.4130001E+00
770288      -1.0044001E+01  1.7830999E+01  5.4129982E+00
770289      -8.3439999E+00  1.7830990E+01  5.4129963E+00
440214      -6.8589954E+00  1.1429991E+01  7.6789923E+00
440215      -5.0289955E+00  1.1429991E+01  9.2500001E-01
440216      -4.2789982E+00  1.1429991E+01  9.2530507E-01
$ 'MUD' 0. -45.971 0.
$ 'WIND' 0. 18.898 0.
$$
$$
UNITS M KG DEG FAH
$$
$$
TYPE SPACE FRAME
MEMBER INCIDENCES
UNITS INCHES KIPS
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 10.748 THI 0.364961 $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 0.364961 -
$ DIAOUT 10.748 CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'PLG-10' 110133 1052
'PLG-11' 1052 110120
'PLG-12' 1052 110118
'PLG-9' 110134 1052
'PLG-2' 1051 11044
'PLG-1' 1051 11045
'PLG-4' 1051 11029
'PLG-3' 1051 11030
'PLG-5' 1053 11090
'PLG-8' 1053 11074
'PLG-6' 1053 11089
'PLG-7' 1053 11076
$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 14. THI 0.75 $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 0.75 -
$ DIAOUT 14. CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'JCG-1' 901 9010
'JCG-2' 902 903
'JCG-3' 903 904
'JCG-4' 904 905
'JCG-5' 905 906
'JCG-6' 906 907
'JCG-7' 907 908
'JCG-8' 905 901
'JCG-9' 9010 902
'JCG-10' 901 9011
'JCG-11' 9011 908
'JCG-12' 9010 805
'JCG-13' 9011 804
'JCG-14' 909 802
'JCG-15' 909 803
'JCG-16' 804 803
'JCG-17' 805 802
$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 24.0158 THI 1. $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 1. -
$ DIAOUT 24.0158 CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'CSG-9' 1071 1081
'CSG-12' 1071 1083
'CSG-6' 1071 1082
$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 24.0158 THI 0.767717 $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 0.767717 -
$ DIAOUT 24.0158 CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'CSG-10' 10121 10111
'CSG-4' 10123 10112
'CSG-7' 10122 10113

```

```

$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 24.0158 THI 0.622047 $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 0.622047 -
$ DIAOUT 24.0158 CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'CSG-1' 2201 1071
'CSG-2' 2203 1071
'CSG-3' 2202 1071
'CSG-8' 10113 1081
'CSG-11' 1083 10111
'CSG-5' 1082 10112
$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 24.0158 THI 0.5 $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 0.5 -
$ DIAOUT 24.0158 CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'(-)144-1' 2202 2201
'(-)144-2' 2201 2203
'(-)144-3' 2203 2202
'CDG-5' 2031 2032
'CDG-2' 10131 10133
'CDG-4' 2033 2031
'CDG-6' 2031 2034
'CDG-1' 10134 10131
'CDG-3' 10131 10132
$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 25.9843 THI 1.25 $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 1.25 -
$ DIAOUT 25.9843 CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'CSG-18' 2013 10122
'CSG-14' 2012 10123
'CSG-15' 2011 10121
$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 30. THI 1.5 $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 1.5 -
$ DIAOUT 30. CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'CSG-17' 2041 2013
'CSG-13' 2041 2012
'CSG-16' 2041 2011
$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 30. THI 1. $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 1. -
$ DIAOUT 30. CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'CD-7' 3302 2033
'CD-8' 3308 2032
'CD-9' 3303 2034
'CD-5' 2032 10133
'CD-6' 2034 10132
'CD-4' 2033 10134
'CD-1' 10134 110138
'CD-3' 10132 110137
'CD-2' 10133 110136
'CD-16' 110138 770176
'CD-17' 110136 770174
'CD-18' 110137 770175
$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 47.9922 THI 1.25197 $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 1.25197 -
$ DIAOUT 47.9922 CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'DPL-01' 1103 102
'DPL-02' 1101 101
'DPL-03' 1102 103
$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 55.5118 THI 0.75 $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 0.75 -
$ DIAOUT 55.5118 CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'PL-5' 1032 1042
'PL-8' 1091 10101
'PL-17' 1031 1041
'PL-20' 1092 10102
'PL-29' 1033 1043
'PL-32' 1093 10103
$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 55.9843 THI 1.77165 $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 1.77165 -
$ DIAOUT 55.9843 CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'CS-1' 1061 1071
'CS-6' 2041 2031
'CS-5' 2031 2021
'CS-3' 10141 10131
'CS-2' 10131 1071
$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 55.9843 THI 1.5 $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 1.5 -
$ DIAOUT 55.9843 CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'CS-7' 2041 900
$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 55.9843 THI 1.25 $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 1.25 -
$ DIAOUT 55.9843 CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'CS-9' 3301 901
'CS-8' 900 909
'CS-10' 901 116
'CS-11' 909 116
$ END MEMBER INCIDENCES
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 55.9843 THI 1. $ -
$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
$ DIVISION 5 THICK 1. -
$ DIAOUT 55.9843 CDWATER 0.65 CDWATER 2.0 WT/V 0.283
'CS-4' 2021 10141
$ END MEMBER INCIDENCES

```


MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 55. THI 0.5 \$ -
\$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
\$ DIVISION 5 THICK 0.5 -
\$ DIAOUT 55. CDWATER 0.65 CMWATER 2.0 WT/V 0.283
'PL-6' 1042 1052
'PL-18' 1041 1051
'PL-30' 1043 1053
'PL-7' 1052 1091
'PL-19' 1051 1092
'PL-31' 1053 1093
\$ END MEMBER INCIDENCES

MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 56.4961 THI 1.25 \$ -
\$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
\$ DIVISION 5 THICK 1.25 -
\$ DIAOUT 56.4961 CDWATER 0.65 CMWATER 2.0 WT/V 0.283
'PL-10' 10122 10153
'PL-3' 1022 2202
'PL-4' 2202 1032
'PL-9' 10101 10122
'PL-11' 10153 10161
'PL-12' 10161 10171
'PL-22' 10123 10152
'PL-15' 1021 2203
'PL-16' 2203 1031
'PL-21' 10102 10123
'PL-23' 10152 10162
'PL-24' 10162 10172
'PL-34' 10121 10151
'PL-27' 1023 2201
'PL-28' 2201 1033
'PL-33' 10103 10121
'PL-35' 10151 10163
'PL-36' 10163 10173
\$ END MEMBER INCIDENCES

MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 56.4961 THI 1. \$ -
\$ WATER MASS NONFLOODED BUOYANT STRUCTURAL -
\$ DIVISION 5 THICK 1. -
\$ DIAOUT 56.4961 CDWATER 0.65 CMWATER 2.0 WT/V 0.283
'PL-2' 1101 1022
'PL-14' 1103 1021
'PL-26' 1102 1023
\$ END MEMBER INCIDENCES

TYPE SPACE FRAME
MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 10.748 THI 0.364961 \$ -
\$ WIND MASS NONFLOODED NONBUOYANT STRUCTURAL -
\$ DIVISION 5 THICK 0.364961 -
\$ DIAOUT 10.748 CDWIND 0.5 WT/V 0.283
'DBR-01' 77064 44032
'DBR-02' 77064 4401
'DBR-010' 77080 4403
'DBR-09' 77080 44032
'DBR-013' 77081 4401
'DBR-014' 77081 4402
'DBR-06' 77065 4402
'DBR-05' 77065 4403
'DTR-035' 44041 3304
'DTR-036' 44053 3304
'DTR-037' 44053 3305
'DTR-038' 44028 3305
'DTR-039' 44028 3307
'DTR-040' 44054 3307
'DTR-041' 44054 3308
'DTR-042' 44041 3306
\$ END MEMBER INCIDENCES

MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 20. THI 1. \$ -
\$ WIND MASS NONFLOODED NONBUOYANT STRUCTURAL -
\$ DIVISION 5 THICK 1. -
\$ DIAOUT 20. CDWIND 0.5 WT/V 0.283
'DTR-011' 5012 7708
'DTR-01' 5011 7707
'DTR-018' 5014 7706
'DTR-06' 5013 7705
'DTR-024' 3033 3305
'DTR-017' 3031 3307
'DTR-05' 3032 3306
'DTR-010' 3034 3304
\$ END MEMBER INCIDENCES

MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 20. THI 0.5 \$ -
\$ WIND MASS NONFLOODED NONBUOYANT STRUCTURAL -
\$ DIVISION 5 THICK 0.5 -
\$ DIAOUT 20. CDWIND 0.5 WT/V 0.283
'DTR-014' 4403 4031
'DTR-07' 4401 770163
'DTR-021' 4402 4032
'DTR-02' 44032 770159
'DTR-022' 3042 4402
'DTR-023' 3033 3042
'DTR-016' 3031 3044
'DTR-015' 3044 4403
'DTR-04' 3032 3043
'DTR-03' 3043 44032
'DTR-08' 3041 4401
'DTR-09' 3034 3041
'DTR-019' 6601 5014
'DTR-012' 6602 5012
'DTR-020' 4032 6601
'DTR-013' 4031 6602
'DTR-031' 770159 5011
'DTR-033' 770163 5013
\$ END MEMBER INCIDENCES

MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 3.50394 THI 0.236221 \$ -
\$ WIND MASS NONFLOODED NONBUOYANT STRUCTURAL -
\$ DIVISION 5 THICK 0.236221 -
\$ DIAOUT 3.50394 CDWIND 0.5 WT/V 0.283
'WW-048' 440141 4017
'WW-049' 4017 4026
'WW-050' 4026 66030
'WW-051' 440142 4018
'WW-026' 4018 4025
'WW-025' 4025 66031
'WW-045' 4018 4017
'WW-046' 4028 4027
'WW-038' 4025 4026

'WW-039' 4015 4016
'LDR-012' 440137 770247
'LDR-013' 770247 770245
'LDR-014' 770245 66035
'LDR-015' 440138 770246
'LDR-016' 440138 770246
'LDR-018' 770247 770248
'LDR-019' 770245 770246
'LDR-028' 770246 66065
\$ END MEMBER INCIDENCES

MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 30. THI 1. \$ -
\$ WIND MASS NONFLOODED NONBUOYANT STRUCTURAL -
\$ DIVISION 5 THICK 1. -
\$ DIAOUT 30. CDWIND 0.5 WT/V 0.283
'CD-14' 55033 440137
'CD-15' 55034 440138
'CD-13' 55035 440139
'CD-11' 440137 3308
'CD-12' 440138 3303
'CD-10' 440139 3302
\$ END MEMBER INCIDENCES

MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 4.48819 THI 0.23622 \$ -
\$ WIND MASS NONFLOODED NONBUOYANT STRUCTURAL -
\$ DIVISION 5 THICK 0.23622 -
\$ DIAOUT 4.48819 CDWIND 0.5 WT/V 0.283
'DBR-017' 55020 44075
'DBR-018' 55029 440128
'DBR-021' 55023 44074
'DBR-022' 55023 440128
'DBR-019' 55031 44075
'DBR-020' 55031 440129
'DBR-023' 4032 6604
'DBR-024' 4032 66013
'DBR-025' 4031 66015
'DBR-026' 4031 66026
'WTR-04' 66011 77041
'WBR-03' 77065 66014
'WBR-01' 77080 66022
'WW-052' 66029 4025
'WW-033' 66028 4026
'WW-034' 4025 4015
'WW-035' 4015 440142
'WW-036' 4026 4016
'WW-037' 4016 440141
'WW-040' 440139 4018
'WW-041' 4018 4028
'WW-042' 4028 66031
'WW-043' 4017 4027
'WW-044' 4027 66030
'WW-047' 4017 440140
'LDR-01' 770229 770230
'LDR-05' 440137 770245
'LDR-06' 440138 770246
'LDR-07' 44077 770247
'LDR-08' 44052 770248
'LDR-09' 770245 66027
'LDR-010' 770247 66035
'LDR-011' 770248 66065
'LDR-017' 770246 66064
'LDR-025' 770278 66053
'LDR-027' 7704 66068
\$ END MEMBER INCIDENCES

MEMBER INCIDENCES AND PROPERTIES PIPE OD 6.61417 THI 0.5 \$ -
\$ WIND MASS NONFLOODED NONBUOYANT STRUCTURAL -
\$ DIVISION 5 THICK 0.5 -
\$ DIAOUT 6.61417 CDWIND 0.5 WT/V 0.283
'DTR-028' 440128 55021
'DTR-027' 440129 55029
'DTR-026' 44074 55020
'DTR-025' 44075 55017
'MD-0208' 44031 44035
\$ END MEMBER INCIDENCES

\$\$
\$\$
\$\$
\$\$
UNITS M KN DEG FAH
\$ SAVE INPUT
\$ OUTPUT UNITS ENGLISH
\$ SAVE LOADING
\$ IDENTIFY UNRECOGNIZED COMMANDS
\$ MEMBER DRAG FORCE PRESSURE RESOLUTION
\$ PRINT LOADING TOTAL ONLY LOAD REFERENCES JOINT 'MUD'
\$ INITIAL CONDITIONS
\$ JNT2 1.0 0.0 0.0 JNT3 0.0 0.0 -1.0 -
\$ LINEAR DISPLACEMENT ORIGIN X 0. Y 0. Z 0.
\$\$
\$\$
UNITS FEET
\$ ELEMENT INCIDENCES
\$ '7701' '7702' '7704' '7703' 'WIND' WBLOCK AREA CDWIND ALL 1.0
\$ END ELEMENT INCIDENCES
\$\$
UNITS FEET SECONDS DEGREES
\$ CURRENT DATA STRETCH
\$ DEPTH 0. 15.764 31.528 47.292 63.056 78.821 94.585 110.349
126.113 141.877 157.642
\$ VELOCITY 3.576 2.854 2.329 1.935 1.640 1.443 1.279 1.181 1.115
1.049 1.017
\$ DIRECTION 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.
\$ WIND DATA
\$ DIRECTION 0.
\$ VELOCITY 84.317
\$ WT/V STANDARD
\$ VARIATION WITH ALTITUDE ABS
\$ MEMBER MARINE GROWTHS DATA ALL
\$ ZREF 0. 157.642
\$ THICKNESS 3. 3.
\$\$
UNITS FEET SECONDS DEGREES
\$ WAVE STOKES FIFTH WT/V STANDARD
\$ SEPARATE BUOYANCY
\$ EXECUTE WIND LOAD ANALYSIS NO WAVE TOPS ID '0'
\$ EXECUTE STEP WAVE LOADING TYPE STRUCTURE FIXED -
\$ APPLIED FORCES ONLY -
\$ COMPUTE LOADING FOR MAXIMUM BASE SHEAR
\$ WAVE WIND LIST
\$ '0DEG' HEIGHT 18.045 PERIOD 8.7 DEPTH 157.642 DIRECTION 0. -


```
$      FROM -3.5 TO 3.5 INCREMENT 0.5
$ END WAVE WIND LIST
$$
$$
$ SELOS PLOTS
$ PLOT 3D RIGID POSITIONS AT TIMES 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0
-
$ VIEWER POSITION 15. 15. -15.
$ OVERLAY WAVE SURFACE FULL WAVE LENGTH
$ TITLE
$ '100 YEAR ANALYSIS-DIRECTION 0 DEGREES'
$ FINISH
```



**LAMPIRAN
INPUT ANALISA
PUSH OVER ARAH 0°**

ARAH 0 DERAJAT

Commercial Software Rights Legend

Any use, duplication or disclosure of this software by or for the U.S. Government shall be restricted to the terms of a license agreement in accordance with the clause at DFARS 227.7202-3.

This computer software is an unpublished work containing valuable trade secrets owned by the Georgia Tech Research Corporation (GTRC). No access, use, transfer, duplication or disclosure thereof may be made except under a license agreement executed by GTRC or its authorized representatives and no right, title or interest thereto is conveyed or granted herein, notwithstanding receipt or possession hereof. Decompilation of the object code is strictly prohibited.

Georgia Tech Research Corporation
 Georgia Institute of Technology
 Atlanta, Georgia 30332 U.S.A.

Copyright (c) 2003 GTRC
 ALL RIGHTS RESERVED.

Fri May 5 10:54:39 2006

1GTICES/C-NP 2.5.0 MD-NT 2.0, January 1995.
 Proprietary to Georgia Tech Research Corporation, U.S.A.

Reading password file C:\Program Files\GTStrudl\27\password27.pwd
 CI-i-audfile, Command AUDIT file FILE1054.aud has been activated.

*** G T S T R U D L ***
 RELEASE DATE VERSION COMPLETION NO.
 June, 2003 27.0 4449
 **** ACTIVE UNITS - LENGTH WEIGHT ANGLE TEMPERATURE TIME
 **** ASSUMED TO BE INCH POUND RADIAN FAHRENHEIT SECOND

{ 1} > \$ -----
 { 2} > \$ This is the Common Startup Macro; put your company-wide startup commands here.
 { 3} > \$ You can edit this file from Tools -- Macros. Click "Startup" and then "Edit".
 { 4} > \$ -----
 { 5} > RESTORE 'G:\TA Arief\Tugas Akhir PUSHOVER(LRFD)_oke\Arah 0\Oke.gts'
 DAM-i-filrest, Sub-system 27.0 restored from file G:\TA Arief\Tugas Akhir PUSHOVER(LRFD)_oke\Arah 0\Oke.gts.

*** G T S T R U D L ***
 RELEASE DATE VERSION COMPLETION NO.
 June, 2003 27.0 4449
 **** INFORMATION -- Saved GTSTRUDL version: 27.0
 Restored under GTSTRUDL version: 27.0

***** CURRENT GTSTRUDL PROBLEM STATISTICS *****

ACTIVE UNITS: INCH KIP DEG DEGF SEC

INPUT MODE: ADDITIONS SCAN MODE INITIATED: NO

CURRENT STRUCTURAL TYPE: SPACE FRAME

JOINTS MEMBERS ELEMENTS SUPERELEMENTS
 ACTIVE 701 1199 0 0
 INACTIVE 0 0 0 0

RIGID BODIES 0
 JOINT TIES 0

LOADS: INDEPENDENT DEPENDENT
 ACTIVE 43 13
 INACTIVE 0 0

```
{ 6} > OPEN USERDATA FILE 'G:\TA Arief\Tugas Akhir PUSHOVER(LRFD)\COBA.DS'
```

Opening specified User dataset G:\TA Arief\Tugas Akhir PUSHOVER(LRFD)\COBA.DS

Deleting empty User dataset G:\TA Arief\Tugas Akhir PUSHOVER(LRFD)_oke\Arah 0\userdat200655105438937.ds

```
{ 7} > LOAD LIST 'Constan' 'Incremen'
{ 8} > NONLINEAR EFFECTS
{ 9} > GEOMETRY MEMBERS EXISTING GROUP LIST 'Ver' MEMBERS
{10} > NONLINEAR EFFECTS
{11} > GEOMETRY MEMBERS EXISTING GROUP LIST 'Hor' MEMBERS
{12} > NONLINEAR EFFECTS
{13} > COMPRESSION ONLY MEMBERS EXISTING GROUP LIST 'Hor' MEMBERS
{14} > PLASTIC HINGE START END FIBER GEOMETRY NTH 20 NTWALL 3 LH 3.0 -
{15} > STEEL FY 36.0 EH 296.187 ESH 0.019614 FSU 54.0 ESU 0.05 MEMBERS EXISTING -
{16} > GROUP LIST 'Hor' MEMBERS
{17} > NONLINEAR EFFECTS
{18} > GEOMETRY MEMBERS EXISTING GROUP LIST 'Mir' MEMBERS
{19} > NONLINEAR EFFECTS
{20} > TENSION ONLY MEMBERS EXISTING GROUP LIST 'Mir' MEMBERS
{21} > PLASTIC HINGE START END FIBER GEOMETRY NTH 20 NTWALL 3 LH 3.0 -
{22} > STEEL FY 36.0 EH 296.187 ESH 0.019614 FSU 54.0 ESU 0.05 MEMBERS EXISTING -
{23} > GROUP LIST 'Mir' MEMBERS
{24} > LOAD LIST ALL
{25} > PUSHOVER ANALYSIS DATA
{26} > CONSTANT LOAD 'Constan'
{27} > INCREMENTAL LOAD 'Incremen'
{28} > MAXIMUM NUMBER OF LOAD INCREMENTS 50
{29} > MAXIMUM NUMBER OF TRIALS 10
{30} > LOADING RATE 1.000000
{31} > CONVERGENCE RATE 0.5000000
{32} > CONVERGENCE TOLERANCE COLLAPSE 0.000100
{33} > CONVERGENCE TOLERANCE DISPLACEMENT 0.001000
{34} > MAXIMUM NUMBER OF CYCLES 50
{35} > END
{36} > PERFORM PUSHOVER ANALYSIS
**** INFO_STPACP -- Time for pushover analysis load increment 1 = 8.12 seconds.
**** INFO_STPACP -- Time for pushover analysis load increment 2 = 8.08 seconds.
Time for 2 load adjustment trials, load increment 3 = 77.49 seconds.
New loading rate = 0.250000
Current load factor = 2.25000
**** INFO_STPACP -- Time for pushover analysis load increment 3 = 145.52 seconds.
Time for 1 load adjustment trials, load increment 4 = 6.17 seconds.
New loading rate = 0.125000
Current load factor = 2.37500
**** INFO_STPACP -- Time for pushover analysis load increment 4 = 78.43 seconds.
Time for 1 load adjustment trials, load increment 5 = 6.30 seconds.
New loading rate = 0.625000E-01
Current load factor = 2.43750
**** INFO_STPACP -- Time for pushover analysis load increment 5 = 80.80 seconds.
Time for 1 load adjustment trials, load increment 6 = 6.68 seconds.
New loading rate = 0.312500E-01
Current load factor = 2.46875
**** INFO_STPACP -- Time for pushover analysis load increment 6 = 80.87 seconds.
Time for 2 load adjustment trials, load increment 7 = 84.11 seconds.
New loading rate = 0.781250E-02
Current load factor = 2.47656
**** INFO_STPACP -- Time for pushover analysis load increment 7 = 159.30 seconds.
Time for 1 load adjustment trials, load increment 8 = 25.59 seconds.
New loading rate = 0.390625E-02
Current load factor = 2.48047
**** INFO_STPACP -- Time for pushover analysis load increment 8 = 112.20 seconds.
Time for 1 load adjustment trials, load increment 9 = 5.83 seconds.
New loading rate = 0.195312E-02
Current load factor = 2.48242
**** INFO_STPACP -- Time for pushover analysis load increment 9 = 89.10 seconds.
**** WARNING_STPACP -- The sequence of 3 load adjustment trials in load increment 10
failed to produce equilibrium convergence before collapse
tolerance = 0.100000E-03 was satisfied. Collapse condition may be indicated.
Current loading rate = 0.244141E-03
**** INFO_STPACP -- The current collapse load factor = 2.48242
Load components and results are stored in the following intermediate loads:
PAInc001 PAInc002 PAInc003 PAInc004
PAInc005 PAInc006 PAInc007 PAInc008
PAInc009
**** INFO_STPACP -- The incremental loads above are stored in load group IncrLds .
```

```
/----- Push-over Analysis Load Factor History -----/
Load Increment      Load Factor
-----
PAInc001            1.00000
PAInc002            2.00000
```


PAInc003	2.25000
PAInc004	2.37500
PAInc005	2.43750
PAInc006	2.46875
PAInc007	2.47656
PAInc008	2.48047
PAInc009	2.48242

**** INFO_STPACP -- Time to complete pushover analysis = 1079.98 seconds.



LAMPIRAN
OUT PUT ANALISA PUSH OVER
ANALISIS API LRFD
ARAH 0°

MEMBER (-)144-3

Commercial Software Rights Legend

Any use, duplication or disclosure of this software by or for the U.S. Government shall be restricted to the terms of a license agreement in accordance with the clause at DFARS 227.7202-3.

This computer software is an unpublished work containing valuable trade secrets owned by the Georgia Tech Research Corporation (GTRC). No access, use, transfer, duplication or disclosure thereof may be made except under a license agreement executed by GTRC or its authorized representatives and no right, title or interest thereto is conveyed or granted herein, notwithstanding receipt or possession hereof. Decompilation of the object code is strictly prohibited.

Georgia Tech Research Corporation
Georgia Institute of Technology
Atlanta, Georgia 30332 U.S.A.

Copyright (c) 2003 GTRC
ALL RIGHTS RESERVED.

Tue Jul 4 23:10:18 2006

1GTICES/C-NP 2.5.0 MD-NT 2.0, January 1995.

Proprietary to Georgia Tech Research Corporation, U.S.A.

Reading password file C:\Program Files\GTStrudl\27\password27.pwd
CI-i-audfile, Command AUDIT file FILE2310.aud has been activated.

*** G T S T R U D L ***

RELEASE DATE	VERSION	COMPLETION NO.
June, 2003	27.0	4449

```

**** ACTIVE UNITS -   LENGTH   WEIGHT   ANGLE   TEMPERATURE   TIME
**** ASSUMED TO BE    INCH     POUND   RADIAN   FAHRENHEIT    SECOND

```

```

1) > $ -----
2) > $ This is the Common Startup Macro; put your company-wide startup commands here.
3) > $ You can edit this file from Tools -- Macros. Click "Startup" and then "Edit".
4) > $ -----
5) > RESTORE 'G:\TA Arief\Tugas Akhir PUSHOVER(LRFD)_oke\Arah 0\Oke2.gts'
DAM-i-filrest, Sub-system 27.0      restored from file G:\TA Arief\Tugas Akhir PUSHOVER(LRFD)_oke\Arah
0\Oke2.gts.

```

*** G T S T R U D L ***

RELEASE DATE	VERSION	COMPLETION NO.
June, 2003	27.0	4449

```

**** INFORMATION -- Saved GTSTRU DL version: 27.0
                   Restored under GTSTRU DL version: 27.0

```

```

***** CURRENT GTSTRU DL PROBLEM STATISTICS *****

```

ACTIVE UNITS: INCH KIP DEG DEGF SEC

INPUT MODE: ADDITIONS SCAN MODE INITIATED: NO

CURRENT STRUCTURAL TYPE: SPACE FRAME

	JOINTS	MEMBERS	ELEMENTS	SUPERELEMENTS
ACTIVE	701	1199	0	0
INACTIVE	0	0	0	0

RIGID BODIES	0
JOINT TIES	0

	LOADS:	INDEPENDENT	DEPENDENT
ACTIVE		53	13
INACTIVE		0	0

```

-----
{ 6} > OPEN USERDATA FILE 'G:\TA Arief\Tugas Akhir PUSHOVER(LRFD)_oke\COBA.DS'

Opening specified User dataset G:\TA Arief\Tugas Akhir PUSHOVER(LRFD)_oke\COBA.DS
Deleting empty User dataset G:\TA Arief\Tugas Akhir PUSHOVER(LRFD)_oke\Arah 0\userdat20067423101862.ds

{ 7} > LOAD LIST 'PAInc002'
{ 8} > PARAMETERS
{ 9} > CODE          APILRFD1      MEMBER EXISTING '(-)144-3'
{ 10} > CHECK        1             MEMBER EXISTING '(-)144-3'
{ 11} > SUMMARY      YES           MEMBER EXISTING '(-)144-3'

{ 12} > UNITS  INCHES  KIPS
{ 13} > PARAMETERS
{ 14} > FYLD      36      MEMBER EXISTING '(-)144-3'
{ 15} > REDFYLD   1.0     MEMBER EXISTING '(-)144-3'
{ 16} > TRACE     3       MEMBER EXISTING '(-)144-3'
{ 17} > VALUES   4       MEMBER EXISTING '(-)144-3'
{ 18} > CHECK MEMBER EXISTING '(-)144-3' AS BEAM
PROPERTY GRPNUM  VALUE = 1.00000
PROPERTY AX      VALUE = 36.93846
PROPERTY IY      VALUE = 2554.48193
PROPERTY IZ      VALUE = 2554.48193
PROPERTY SY      VALUE = 212.73386
PROPERTY SZ      VALUE = 212.73386
PROPERTY OD      VALUE = 24.01575
PROPERTY THICK   VALUE = 0.50000
PROPERTY RY      VALUE = 8.31595
PROPERTY RZ      VALUE = 8.31595
PROPERTY IX      VALUE = 5108.96387
PROPERTY AY      VALUE = 18.48326
PROPERTY AZ      VALUE = 18.48326
PARAMETER TRACE  VALUE = 3.00000
PARAMETER CODETOL VALUE = 0.00000
PARAMETER STEELGRD VALUE = A36
PARAMETER REDFYLD VALUE = 1.00000
PARAMETER REDE   VALUE = 1.00000
PARAMETER COMPK  VALUE = NO
PARAMETER FYLD   VALUE = 36000.00000
PARAMETER CHECK  VALUE = 1.00000
PARAMETER FRLY   VALUE = 1.00000
PARAMETER LY     VALUE = 818.42847
PARAMETER FRLZ   VALUE = 1.00000
PARAMETER LZ     VALUE = 818.42847
PARAMETER VALUES VALUE = 4.00000
PARAMETER XBRACE VALUE = 1.00000 FOR JOINT = 2203
PARAMETER XBR Tol VALUE = 0.05000 FOR JOINT = 2203
PARAMETER REV    VALUE = YES
PARAMETER KY     VALUE = 1.00000
PARAMETER KZ     VALUE = 1.00000
PARAMETER SECNDARY VALUE = NO
PARAMETER SLND   VALUE = COMPUTE FOR LOADING = PAInc002
PARAMETER COMPTST VALUE = 1300.00000
1*****
OAPILRFD1 CODE CHECK TRACE
MEMBER - (-)144-3 TABLE - PRIS. PROFILE - PIPE LOADING - PAInc002
DISTANCE FROM START OF MEMBER TO SECTION = 0.00

FORCE VECTOR ( 2.596405E+05 2.035523E+04 1.326928E+04 3.649953E+04 2.288148E+06 5.029458E+06 )

AREA . . . . . 36.938427 IN**2
DIAMETER - D . . . . . 24.015753 IN
WALL THICKNESS - T . . . . . 0.50000000 IN

Y-AXIS * Z-AXIS
*****
*
IY BENDING MOMENT OF INERTIA Y - AXIS . 2554.4819 IN**4 * IZ BENDING MOMENT OF INERTIA Z - AXIS
. 2554.4819 IN**4
SY SECTION MODULUS Y - AXIS . . . . . 212.73386 IN**3 * SZ SECTION MODULUS Z - AXIS . . . . .
. 212.73386 IN**3
ZY PLASTIC MODULUS Y - AXIS . . . . . 276.53699 IN**3 * ZZ PLASTIC MODULUS Z - AXIS . . . . .
. 276.53699 IN**3
RY RADIUS OF GYRATION Y - AXIS . . . . . 8.3159533 IN * RZ RADIUS OF GYRATION Z - AXIS . . . . .
. 8.3159533 IN

PARAMETER SLENTEN VALUE = COMPUTE
PARAMETER SLND VALUE = 300.00000

```



```
MEMBER (-)144-3  PROFILE PIPE      TABLE PRISMATIC  LOAD PAInc002
CODE  APILRFD1  UNITS  INCH KIP
DISTANCE FROM START OF MEMBER TO SECTION      0.00000
SECTION FORCES  FX  FY  FZ  MT  MY  MZ
0.25964E+03  0.20355E+02  0.13269E+02  -0.36500E+02  -0.22881E+04  0.50295E+04
PROVISION      LIMITING      ACTUAL      ACT./LIM.
D.3.2.3T      0.30000E+03  0.98417E+02      0.328  PASS
L/r           0.30000E+03  0.98417E+02      0.328  INFO

*****
*      SLENDERNES RATIO CHECK      *
*      UNITY CHECK IS:      0.3281  *
*****

ALLOWABLE SLENDERNES RATIO FOR A TENSION LOAD IS 300.000000

      Y-AXIS      *      Z-AXIS
*****
KY, EFFECTIVE LENGTH FACTOR - Y . . 1.0000000  IN  * KZ, EFFECTIVE LENGTH FACTOR - Z . .
1.0000000  IN
LY, MEMBER LENGTH - Y . . . . . 818.42847  IN  * LZ, MEMBER LENGTH - Z . . . . .
818.42847  IN
RY, RADIUS OF GYRATION . . . . . 8.3159533  IN  * RZ, RADIUS OF GYRATION . . . . .
8.3159533  IN
SLENDERNES RATIO, KY*LY/R . . . . 98.416672  IN  * SLENDERNES RATIO, KZ*LZ/RZ . . . .
98.416672  IN
RATIO: SLENDERNES/ALLOWABLE . . . 0.32805556  * RATIO: SLENDERNES/ALLOWABLE . . .
0.32805556

PARAMETER PF      VALUE =      1.00000
PARAMETER PHIB    VALUE = COMPUTE
PARAMETER PHITG    VALUE = COMPUTE
D.2.1-1  0.34200E+02  0.70290E+01  0.206  PASS
ft       0.70290E+01  0.00000E+00  0.000  INFO
D.2.3-2b 0.45682E+02  0.00000E+00  0.000  INFO
fb       0.25974E+02  0.00000E+00  0.000  INFO
Fbn      0.45682E+02  0.00000E+00  0.000  INFO
D.2.3-1  0.43398E+02  0.25974E+02  0.599  PASS
D.3.1-1  0.10000E+01  0.65018E+00  0.650  PASS

*****
*      TENSION BENDING CHECK      *
*      UNITY CHECK IS:      0.6502  *
*****

THIS MEMBER IS EXPERIENCING A CONDITION OF COMBINED TENSION AND BENDING.
A CHECK ACCORDING TO API RP 2A LRFD FIRST EDITION HAS BEEN REQUESTED.
TRACE 3 UNITS ARE INCHES AND POUNDS.

THE FACTORED NOMINAL STRENGTH FOR TENSION AXIAL LOAD IS:  34200.000  PSI.
THE NOMINAL BENDING STRENGTH WITH A TENSION LOAD IS:  45681.820  PSI.
THE FOLLOWING PARAMETERS WERE USED IN THE COMPUTATION OF THESE NOMINAL STRENGTHS:

FYLD: 36000.0000  PF:      1.0000

DIAMETER - D . . . . . 24.015753  IN
WALL THICKNESS - T . . . . . 0.50000000  IN
D/T . . . . . 48.031506

AXIAL FORCE - FX . . . . . 259640.53  LB
AREA . . . . . 36.938427  IN**2
FACTORED TENSILE STRESS. . . . . 7029.0088  PSI
*** NOMINAL STRENGTH (FYLD). . . . . 36000.000  PSI
TENSILE RESISTANCE FACTOR. . . . . 0.95
*** FACTORED NOMINAL STRENGTH. . . . . 34200.000  PSI
RATIO: AXIAL STRESS / NOMINAL. . . . 0.20552658

MOMENT - Y . . . . . 2288147.8  IN-LB
MOMENT - Z . . . . . 5029458.0  IN-LB
MOMENT RESULTANT . . . . . 5525492.5  IN-LB
SECTION MODULUS . . . . . 212.73372  IN**3
PLASTIC MODULUS. . . . . 276.53699  IN**3
APPLIED FACTORED BENDING STRESS. . . 25973.750  PSI
```

*** NOMINAL BENDING STRENGTH 45681.820 PSI
BENDING RESISTANCE FACTOR. 0.95
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH. . 43397.729 PSI
RATIO: BENDING STRESS / NOMINAL. . . 0.59850478
*** TENSION BENDING UNITY CHECK 0.65017736

PARAMETER PHIV VALUE = COMPUTE
D.2.4-2 0.13156E+01 0.00000E+00 0.000 INFO
fv 0.13156E+01 0.00000E+00 0.000 INFO
D.2.4-4 0.85787E-01 0.00000E+00 0.000 INFO
fvt 0.85787E-01 0.00000E+00 0.000 INFO
D.2.4-1 0.19745E+02 0.13156E+01 0.067 PASS
Fvn 0.20785E+02 0.00000E+00 0.000 INFO
D.2.4-3 0.19745E+02 0.85787E-01 0.004 PASS
Fvtn 0.20785E+02 0.00000E+00 0.000 INFO

* SHEAR STRESS CHECK *
* UNITY CHECK IS: 0.0666 *

SHEAR FORCE - FY 20355.234 LB
SHEAR FORCE - FZ 13269.278 LB
SHEAR FORCE RESULTANT 24298.340 LB
SHEAR AREA - AY 18.469213 IN**2
SHEAR AREA - AZ 18.469213 IN**2
SHEAR STRESS DUE TO NORMAL FORCE 1315.6132 PSI

TORSIONAL MOMENT - MX 36499.527 IN-LB
SECTION DIAMETER - D 24.015753 IN
TORSIONAL INERTIA - ITORS 5108.9604 IN**4
TORSIONAL SHEAR STRESS 85.786888 PSI

TOTAL FACTORED SHEAR STRESS. 1315.6132 PSI

MODIFIED YIELD STRESS 36000.000 PSI
*** NOMINAL SHEAR STRENGTH 20784.609 PSI
SHEAR RESISTANCE FACTOR. 0.95
*** FACTORED NOMINAL SHEAR STRENGTH. . . . 19745.379 PSI
RATIO: SHEAR STRESS/NOMINAL STRENGTH. . . 6.66289181E-02

PARAMETER XBRACE VALUE = 1.00000 FOR JOINT = 2203
PARAMETER XBRTOL VALUE = 0.05000 FOR JOINT = 2203
PARAMETER XBRACE VALUE = 1.00000 FOR JOINT = 2202
PARAMETER XBRTOL VALUE = 0.05000 FOR JOINT = 2202

THE REV PARAMETER IS YES. THE PROFILE IS BEING CHECKED AGAIN WITH THE TENSION STRESS USED AS IF IT WERE COMPRESSION.

PARAMETER SLENCOMP VALUE = COMPUTE
PARAMETER SLND VALUE = 200.00000
D.3.2.3C 0.20000E+03 0.98417E+02 0.492 PASS
KL/r 0.20000E+03 0.98417E+02 0.492 INFO

* SLENDERNES RATIO CHECK *
* UNITY CHECK IS: 0.4921 *

ALLOWABLE SLENDERNES RATIO FOR A COMPRESSION LOAD IS 200.000000

Y-AXIS * Z-AXIS

*
KY, EFFECTIVE LENGTH FACTOR - Y . . 1.0000000 IN * KZ, EFFECTIVE LENGTH FACTOR - Z . .
1.0000000 IN
LY, MEMBER LENGTH - Y 818.42847 IN * LZ, MEMBER LENGTH - Z
818.42847 IN
RY, RADIUS OF GYRATION 8.3159533 IN * RZ, RADIUS OF GYRATION
8.3159533 IN
SLENDERNES RATIO, KY*LY/R 98.416672 IN * SLENDERNES RATIO, KZ*LZ/RZ
98.416672 IN
RATIO: SLENDERNES/ALLOWABLE . . . 0.49208337 * RATIO: SLENDERNES/ALLOWABLE . . .
0.49208337


```
PARAMETER PHIC      VALUE = COMPUTE
D.2.2-3      0.36226E+03      0.00000E+00      0.000      INFO
Fxe      0.36226E+03      0.00000E+00      0.000      INFO
D.2.2-4a      0.36000E+02      0.00000E+00      0.000      INFO
Fxc      0.36000E+02      0.00000E+00      0.000      INFO
FYLDMOD      0.36000E+02      0.00000E+00      0.000      INFO
D.2.2-2c      0.11038E+01      0.00000E+00      0.000      INFO
LAMBDA Y      0.11038E+01      0.00000E+00      0.000      INFO
LAMBDA Z      0.11038E+01      0.00000E+00      0.000      INFO
D.2.2-2a      0.25036E+02      0.00000E+00      0.000      INFO
fc      0.70290E+01      0.00000E+00      0.000      INFO
Fcn      0.25036E+02      0.00000E+00      0.000      INFO
D.2.2-1      0.21280E+02      0.70290E+01      0.330      PASS
D.2.3-2b      0.45682E+02      0.00000E+00      0.000      INFO
fb      0.25974E+02      0.00000E+00      0.000      INFO
Fbn      0.45682E+02      0.00000E+00      0.000      INFO
D.2.3-1      0.43398E+02      0.25974E+02      0.599      PASS
```

```
*****
*      PURE BENDING CHECK      *
*      UNITY CHECK IS:      0.5985      *
*****
```

THIS MEMBER IS EXPERIENCING A CONDITION OF PURE BENDING.

A CHECK ACCORDING TO API RP 2A LRFD FIRST EDITION HAS BEEN REQUESTED.

TRACE 3 UNITS ARE INCHES AND POUNDS.

THE FOLLOWING YIELD STRESS WAS USED IN THE COMPUTATION OF THESE ALLOWABLE STRESSES:

FYLD: 36000.0000

```
DIAMETER - D      . . . . . 24.015753      IN
WALL THICKNESS - T      . . . . . 0.50000000      IN
D/T      . . . . . 48.031506

MOMENT - Y      . . . . . 2288147.8      IN-LB
MOMENT - Z      . . . . . 5029458.0      IN-LB
MOMENT RESULTANT      . . . . . 5525492.5      IN-LB
SECTION MODULUS      . . . . . 212.73372      IN**3
PLASTIC MODULUS      . . . . . 276.53699      IN**3

BENDING STRESS DUE TO FACTORED LOADS. . . . 25973.750      PSI
*** NOMINAL BENDING STRENGTH. . . . . 45681.820      PSI
BENDING RESISTANCE FACTOR      . . . . . 0.95
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH . . . . 43397.729      PSI
RATIO: BENDING STRESS/NOMINAL STRENGTH. . . 0.59850478
```

```
PARAMETER CMC      VALUE =      1.00000
PARAMETER SDSWAYY   VALUE = YES
PARAMETER CMY      VALUE =      0.85000
PARAMETER SDSWAYZ   VALUE = YES
PARAMETER CMZ      VALUE =      0.85000
PARAMETER CMY      VALUE =      0.85000      MODIFIED FOR APILRFD1 CODE
PARAMETER CMZ      VALUE =      0.85000      MODIFIED FOR APILRFD1 CODE
D.3.2-1      0.10000E+01      0.10367E+01      1.037      FAIL
D.3.2-2      0.10000E+01      0.66290E+00      0.663      PASS
D.3.2-3      0.30600E+02      0.70290E+01      0.230      PASS
D.3.2-3      0.30600E+02      0.70290E+01      0.230      PASS
```

```
*****
*      COMPRESSION BENDING CHECK      *
*      USING EQ D.3.2-1      *
*      UNITY CHECK IS:      1.0367      *
*****
```

THIS MEMBER IS EXPERIENCING A CONDITION OF COMBINED BENDING AND COMPRESSION.

A CHECK ACCORDING TO API RP 2A LRFD FIRST EDITION HAS BEEN REQUESTED.

TRACE 3 UNITS ARE INCHES AND POUNDS.

THE FOLLOWING PARAMETERS WERE USED IN THE COMPUTATION OF THESE NOMINAL STRENGTHS:

FYLD: 36000.0000

```
DIAMETER - D      . . . . . 24.015753      IN
```

WALL THICKNESS - T	0.50000000	IN
D/T	48.031506	
YIELD REDUCTION FACTOR USED	1.0000000	
YIELD REDUCTION FACTOR RF	1.0345066	(NA)
YIELD REDUCTION FACTOR RFXE	10.062843	(NA)
REDUCED YIELD STRESS	36000.000	PSI
*** NOMINAL BENDING STRENGTH	45681.820	PSI
BENDING RESISTANCE FACTOR	0.95	
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH . .	43397.729	PSI

Y-AXIS	*	Z-AXIS

KY, EFFECTIVE LENGTH FACTOR	1.0000000	IN
1.0000000	IN	* KZ, EFFECTIVE LENGTH FACTOR
LY, MEMBER LENGTH - Y	818.42847	IN
818.42847	IN	* LZ, MEMBER LENGTH - Z
RY, RADIUS OF GYRATION - Y	8.3159533	IN
8.3159533	IN	* RZ, RADIUS OF GYRATION - Z
SLENDERNESS RATIO, KY*LY/RY	98.416672	IN
98.416672	IN	* SLENDERNESS RATIO, KZ*LZ/RZ
MAXIMUM SLENDERNESS RATIO	98.416672	
COLUMN SLENDERNESS PARAMETER, LAMBDA	1.1037506	
*** NOMINAL AXIAL COMPRESSIVE STRENGTH	25035.611	PSI
AXIAL COMPRESSION RESISTANCE FACTOR	0.85	
FACTORED NOMINAL AXIAL COMPRESSIVE STRENGTH . .	21280.270	PSI
EQUATION D.2.2-2A	25035.611	PSI
EQUATION D.2.2-2B	29550.213	PSI (NA)

EQUATION D.3.2-1 COMPUTATION

AXIAL FORCE - FX	-259640.53	LBS
AREA	36.938427	IN**2
COMPRESSIVE STRESS	7029.0088	PSI
*** NOMINAL AXIAL STRENGTH	25035.611	PSI
AXIAL COMPRESSION RESISTANCE FACTOR	0.85	
*** FACTORED NOMINAL AXIAL STRENGTH	21280.270	PSI
COMPRESSIVE AXIAL STRESS/STRENGTH	0.33030638	

B E N D I N G M O M E N T C O N T R I B U T I O N

Y AXIS BENDING	*	Z AXIS BENDING

SLENDERNESS RATIO - Y	98.416672	* SLENDERNESS RATIO - Z
98.416672		* EULER BUCKLING STRESS FEPRIME - Z . .
EULER BUCKLING STRESS FEPRIME - Y	29550.213	PSI
29550.213	PSI	* END MOMENT MZ1
END MOMENT MY1	-1634603.2	IN-LB
1172743.2	IN-LB	* END MOMENT MZ2
END MOMENT MY2	2288147.8	IN-LB
5029458.0	IN-LB	* END MOMENT RATIO MZ1/MZ2
END MOMENT RATIO MY1/MY2	0.71437836	
0.23317488		* (SIGN CONVENTION HONORED)
(SIGN CONVENTION HONORED)		* CMZ, Z MOMENT INTERACTION COEFF . .
CMY, Y MOMENT INTERACTION COEFF	0.85000002	
0.85000002		* COMPRESSIVE STRESS
COMPRESSIVE STRESS	7029.0088	PSI
7029.0088	PSI	* COMPRESSIVE STRESS /
COMPRESSIVE STRESS /		ADJUSTED EULER Y STRESS
ADJUSTED EULER Y STRESS	0.27984306	IN-LB
0.27984306	IN-LB	* MOMENT - MZ
MOMENT - MY	2288147.8	IN-LB
5029458.0	IN-LB	* SECTION MODULUS
SECTION MODULUS	212.73372	IN**3
212.73372	IN**3	* APPLIED BENDING STRESS - Z, FBZ . .
APPLIED BENDING STRESS - Y, FBY	10755.924	PSI
23642.035	PSI	* ADJUSTED STRESS Z
ADJUSTED STRESS Y	12695.199	PSI
27904.656	PSI	

TOTAL FACTORED ADJUSTED BENDING STRESS RESULTANT. 30656.775 PSI
*** NOMINAL BENDING STRENGTH. 45681.820 PSI
BENDING RESISTANCE FACTOR 0.95
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH 43397.729 PSI
RATIO: ADJUSTED BENDING STRESS/NOMINAL BENDING STRENGTH . . . 0.70641428

COMBINED UNITY CHECK - EQ D.3.2-1; AXIAL + BENDING: 1.0367206

EQUATION D.3.2-2 COMPUTATION

AXIAL FORCE - FX -259640.53 LBS
AREA 36.938427 IN**2
COMPRESSIVE STRESS 7029.0088 PSI
*** NOMINAL AXIAL STRENGTH 25035.611 PSI
AXIAL COMPRESSION RESISTANCE FACTOR. 0.85
*** FACTORED NOMINAL AXIAL STRENGTH. . . 21280.270 PSI
COMPRESSIVE AXIAL STRESS/STRENGTH. . 0.33030638

BENDING STRESS DUE TO FACTORED LOADS. 25973.750 PSI
*** NOMINAL BENDING STRENGTH, FB 45681.820 PSI
BENDING RESISTANCE FACTOR 0.95
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH 43397.729 PSI
RATIO: STRESS RESULTANT/NOMINAL BENDING STRENGTH. 0.59850478

COMBINED UNITY CHECK - EQ D.3.2-2; AXIAL + BENDING: 0.66289777

COMBINED UNITY CHECK - EQ D.3.2-3; AXIAL + BENDING: 0.22970617

*** EQUATION D.3.2-1 CONTROLS THE COMPRESSION BENDING UNITY CHECK VALUE OF: 1.0367206

D.2.4-2 0.13156E+01 0.00000E+00 0.000 INFO
fv 0.13156E+01 0.00000E+00 0.000 INFO
D.2.4-4 0.85787E-01 0.00000E+00 0.000 INFO
fvt 0.85787E-01 0.00000E+00 0.000 INFO
D.2.4-1 0.19745E+02 0.13156E+01 0.067 PASS
Fvn 0.20785E+02 0.00000E+00 0.000 INFO
D.2.4-3 0.19745E+02 0.85787E-01 0.004 PASS
Fvtn 0.20785E+02 0.00000E+00 0.000 INFO

* SHEAR STRESS CHECK *
* UNITY CHECK IS: 0.0666 *

SHEAR FORCE - FY 20355.234 LB
SHEAR FORCE - FZ 13269.278 LB
SHEAR FORCE RESULTANT 24298.340 LB
SHEAR AREA - AY 18.469213 IN**2
SHEAR AREA - AZ 18.469213 IN**2
SHEAR STRESS DUE TO NORMAL FORCE . . . 1315.6132 PSI

TORSIONAL MOMENT - MX 36499.527 IN-LB
SECTION DIAMETER - D 24.015753 IN
TORSIONAL INERTIA - ITORS 5108.9604 IN**4
TORSIONAL SHEAR STRESS 85.786888 PSI

TOTAL FACTORED SHEAR STRESS. 1315.6132 PSI

MODIFIED YIELD STRESS 36000.000 PSI
*** NOMINAL SHEAR STRENGTH 20784.609 PSI
SHEAR RESISTANCE FACTOR. 0.95
*** FACTORED NOMINAL SHEAR STRENGTH. . . 19745.379 PSI
RATIO: SHEAR STRESS/NOMINAL STRENGTH. . . 6.66289181E-02

***** CRITICAL UNITY CHECK IS *****
***** 1.0367 (D.3.2-1) *****

* PROFILE HAS FAILED CODE CHECK *

```

PARAMETER XBRACE  VALUE =      1.00000  FOR JOINT = 2203
PARAMETER XBRTOL  VALUE =      0.05000  FOR JOINT = 2203
PARAMETER KY       VALUE =      1.00000
PARAMETER KZ       VALUE =      1.00000
PARAMETER SLND     VALUE = COMPUTE    FOR LOADING = PAInc002
1*****
0APILRFD1 CODE CHECK TRACE
MEMBER - (-)144-3  TABLE - PRIS.      PROFILE - PIPE      LOADING - PAInc002
DISTANCE FROM START OF MEMBER TO SECTION = 409.21

FORCE VECTOR ( 2.596405E+05  7.664456E+03  8.451041E+02  3.649953E+04  6.556004E+05  7.307458E+05 )

AREA . . . . . 36.938427  IN**2
DIAMETER - D . . . . . 24.015753  IN
WALL THICKNESS - T . . . . . 0.50000000  IN

      Y-AXIS                      *                      Z-AXIS
*****

IY BENDING MOMENT OF INERTIA Y - AXIS . 2554.4819  IN**4  * IZ BENDING MOMENT OF INERTIA Z - AXIS
. 2554.4819  IN**4
SY SECTION MODULUS Y - AXIS . . . . . 212.73386  IN**3  * SZ SECTION MODULUS Z - AXIS . . . . .
. 212.73386  IN**3
ZY PLASTIC MODULUS Y - AXIS . . . . . 276.53699  IN**3  * ZZ PLASTIC MODULUS Z - AXIS . . . . .
. 276.53699  IN**3
RY RADIUS OF GYRATION Y - AXIS . . . . . 8.3159533  IN  * RZ RADIUS OF GYRATION Z - AXIS . . . . .
. 8.3159533  IN

PARAMETER SLND  VALUE =      300.00000

MEMBER (-)144-3  PROFILE PIPE      TABLE PRISMATIC  LOAD PAInc002
CODE APILRFD1  UNITS  INCH KIP
DISTANCE FROM START OF MEMBER TO SECTION 409.21423
SECTION FORCES  FX  FY  FZ  MT  MY  MZ
0.25964E+03  0.76645E+01  0.84510E+00  -0.36500E+02  0.65560E+03  -0.73075E+03
PROVISION  LIMITING  ACTUAL  ACT./LIM.
D.3.2.3T  0.30000E+03  0.98417E+02  0.328  PASS
L/r  0.30000E+03  0.98417E+02  0.328  INFO

*****
*  SLENDERNESS RATIO CHECK  *
*  UNITY CHECK IS: 0.3281  *
*****

ALLOWABLE SLENDERNESS RATIO FOR A TENSION LOAD IS 300.000000

      Y-AXIS                      *                      Z-AXIS
*****

KY, EFFECTIVE LENGTH FACTOR - Y . . 1.0000000  IN  * KZ, EFFECTIVE LENGTH FACTOR - Z . .
1.0000000  IN
LY, MEMBER LENGTH - Y . . . . . 818.42847  IN  * LZ, MEMBER LENGTH - Z . . . . .
818.42847  IN
RY, RADIUS OF GYRATION . . . . . 8.3159533  IN  * RZ, RADIUS OF GYRATION . . . . .
8.3159533  IN
SLENDERNESS RATIO, KY*LY/R . . . . 98.416672  IN  * SLENDERNESS RATIO, KZ*LZ/RZ . . . .
98.416672  IN
RATIO: SLENDERNESS/ALLOWABLE . . . 0.32805556  * RATIO: SLENDERNESS/ALLOWABLE . . .
0.32805556

      D.2.1-1  0.34200E+02  0.70290E+01  0.206  PASS
      ft  0.70290E+01  0.00000E+00  0.000  INFO
      D.2.3-2b  0.45682E+02  0.00000E+00  0.000  INFO
      fb  0.46148E+01  0.00000E+00  0.000  INFO
      Fbn  0.45682E+02  0.00000E+00  0.000  INFO
      D.2.3-1  0.43398E+02  0.46148E+01  0.106  PASS
      D.3.1-1  0.10000E+01  0.15801E+00  0.158  PASS

*****
*  TENSION BENDING CHECK  *
*  UNITY CHECK IS: 0.1580  *
*****

```

THIS MEMBER IS EXPERIENCING A CONDITION OF COMBINED TENSION AND BENDING.

A CHECK ACCORDING TO API RP 2A LRFD FIRST EDITION HAS BEEN REQUESTED.

TRACE 3 UNITS ARE INCHES AND POUNDS.

THE FACTORED NOMINAL STRENGTH FOR TENSION AXIAL LOAD IS: 34200.000 PSI.
THE NOMINAL BENDING STRENGTH WITH A TENSION LOAD IS: 45681.820 PSI.
THE FOLLOWING PARAMETERS WERE USED IN THE COMPUTATION OF THESE NOMINAL STRENGTHS:

FYLD: 36000.0000 PF: 1.0000

DIAMETER - D	24.015753	IN		
WALL THICKNESS - T	0.50000000	IN		
D/T	48.031506			
AXIAL FORCE - FX	259640.53	LB		
AREA	36.938427	IN**2		
FACTORED TENSILE STRESS	7029.0088	PSI		
*** NOMINAL STRENGTH (FYLD)	36000.000	PSI		
TENSILE RESISTANCE FACTOR	0.95			
*** FACTORED NOMINAL STRENGTH	34200.000	PSI		
RATIO: AXIAL STRESS / NOMINAL	0.20552658			
MOMENT - Y	655600.44	IN-LB		
MOMENT - Z	730745.81	IN-LB		
MOMENT RESULTANT	981733.88	IN-LB		
SECTION MODULUS	212.73372	IN**3		
PLASTIC MODULUS	276.53699	IN**3		
APPLIED FACTORED BENDING STRESS	4614.8486	PSI		
*** NOMINAL BENDING STRENGTH	45681.820	PSI		
BENDING RESISTANCE FACTOR	0.95			
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH	43397.729	PSI		
RATIO: BENDING STRESS / NOMINAL	0.10633848			
*** TENSION BENDING UNITY CHECK	0.15801105			
D.2.4-2	0.41750E+00	0.00000E+00	0.000	INFO
Fv	0.41750E+00	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.4-4	0.85787E-01	0.00000E+00	0.000	INFO
Fvt	0.85787E-01	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.4-1	0.19745E+02	0.41750E+00	0.021	PASS
Fvn	0.20785E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.4-3	0.19745E+02	0.85787E-01	0.004	PASS
Fvtn	0.20785E+02	0.00000E+00	0.000	INFO

* SHEAR STRESS CHECK *

* UNITY CHECK IS: 0.0211 *

SHEAR FORCE - FY	7664.4556	LB
SHEAR FORCE - FZ	845.10413	LB
SHEAR FORCE RESULTANT	7710.9067	LB
SHEAR AREA - AY	18.469213	IN**2
SHEAR AREA - AZ	18.469213	IN**2
SHEAR STRESS DUE TO NORMAL FORCE	417.50055	PSI
TORSIONAL MOMENT - MX	36499.527	IN-LB
SECTION DIAMETER - D	24.015753	IN
TORSIONAL INERTIA - ITORS	5108.9604	IN**4
TORSIONAL SHEAR STRESS	85.786888	PSI
TOTAL FACTORED SHEAR STRESS	417.50055	PSI
MODIFIED YIELD STRESS	36000.000	PSI
*** NOMINAL SHEAR STRENGTH	20784.609	PSI
SHEAR RESISTANCE FACTOR	0.95	
*** FACTORED NOMINAL SHEAR STRENGTH	19745.379	PSI
RATIO: SHEAR STRESS/NOMINAL STRENGTH	2.11442169E-02	

PARAMETER XBRACE	VALUE =	1.00000	FOR JOINT = 2203
PARAMETER XBRTOL	VALUE =	0.05000	FOR JOINT = 2203
PARAMETER XBRACE	VALUE =	1.00000	FOR JOINT = 2202
PARAMETER XBRTOL	VALUE =	0.05000	FOR JOINT = 2202

THE REV PARAMETER IS YES. THE PROFILE IS BEING CHECKED AGAIN WITH THE TENSION STRESS USED AS IF IT WERE COMPRESSION.

PARAMETER SLND	VALUE =	200.00000	
D.3.2.3C	0.20000E+03	0.98417E+02	0.492 PASS

KL/r 0.20000E+03 0.98417E+02 0.492 INFO

* SLENDERNESS RATIO CHECK *
* UNITY CHECK IS: 0.4921 *

ALLOWABLE SLENDERNESS RATIO FOR A COMPRESSION LOAD IS 200.000000

Y-AXIS

*

Z-AXIS

KY, EFFECTIVE LENGTH FACTOR - Y . .	1.0000000	IN	* KZ, EFFECTIVE LENGTH FACTOR - Z . .
1.0000000	IN		
LY, MEMBER LENGTH - Y	818.42847	IN	* LZ, MEMBER LENGTH - Z
818.42847	IN		
RY, RADIUS OF GYRATION	8.3159533	IN	* RZ, RADIUS OF GYRATION
8.3159533	IN		
SLENDERNESS RATIO, KY*LY/R	98.416672	IN	* SLENDERNESS RATIO, KZ*LZ/RZ
98.416672	IN		
RATIO: SLENDERNESS/ALLOWABLE . . .	0.49208337		* RATIO: SLENDERNESS/ALLOWABLE . . .
0.49208337			

D.2.2-3	0.36226E+03	0.00000E+00	0.000	INFO
Fxe	0.36226E+03	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.2-4a	0.36000E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
Fxc	0.36000E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
FYLDMOD	0.36000E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.2-2c	0.11038E+01	0.00000E+00	0.000	INFO
LAMBDA Y	0.11038E+01	0.00000E+00	0.000	INFO
LAMBDA Z	0.11038E+01	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.2-2a	0.25036E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
fc	0.70290E+01	0.00000E+00	0.000	INFO
Fcn	0.25036E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.2-1	0.21280E+02	0.70290E+01	0.330	PASS
D.2.3-2b	0.45682E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
fb	0.46148E+01	0.00000E+00	0.000	INFO
Fbn	0.45682E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.3-1	0.43398E+02	0.46148E+01	0.106	PASS

* PURE BENDING CHECK *
* UNITY CHECK IS: 0.1063 *

THIS MEMBER IS EXPERIENCING A CONDITION OF PURE BENDING.

A CHECK ACCORDING TO API RP 2A LRFD FIRST EDITION HAS BEEN REQUESTED.

TRACE 3 UNITS ARE INCHES AND POUNDS.

THE FOLLOWING YIELD STRESS WAS USED IN THE COMPUTATION OF THESE ALLOWABLE STRESSES:

FYLD: 36000.0000

DIAMETER - D	24.015753	IN
WALL THICKNESS - T	0.50000000	IN
D/T	48.031506	
MOMENT - Y	655600.44	IN-LB
MOMENT - Z	730745.81	IN-LB
MOMENT RESULTANT	981733.88	IN-LB
SECTION MODULUS	212.73372	IN**3
PLASTIC MODULUS	276.53699	IN**3
BENDING STRESS DUE TO FACTORED LOADS. . . .	4614.8486	PSI
*** NOMINAL BENDING STRENGTH.	45681.820	PSI
BENDING RESISTANCE FACTOR	0.95	
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH	43397.729	PSI
RATIO: BENDING STRESS/NOMINAL STRENGTH. . .	0.10633848	

PARAMETER CMY	VALUE =	0.85000	
PARAMETER CMZ	VALUE =	0.85000	
PARAMETER CMY	VALUE =	0.85000	MODIFIED FOR APILRFD1 CODE
PARAMETER CMZ	VALUE =	0.85000	MODIFIED FOR APILRFD1 CODE
D.3.2-1	0.10000E+01	0.45582E+00	0.456 PASS
D.3.2-2	0.10000E+01	0.17073E+00	0.171 PASS
D.3.2-3	0.30600E+02	0.70290E+01	0.230 PASS



D.3.2-3 0.30600E+02 0.70290E+01 0.230 PASS

* COMPRESSION BENDING CHECK *
* USING EQ D.3.2-1 *
* UNITY CHECK IS: 0.4558 *

THIS MEMBER IS EXPERIENCING A CONDITION OF COMBINED BENDING AND COMPRESSION.

A CHECK ACCORDING TO API RP 2A LRFD FIRST EDITION HAS BEEN REQUESTED.

TRACE 3 UNITS ARE INCHES AND POUNDS.

THE FOLLOWING PARAMETERS WERE USED IN THE COMPUTATION OF THESE NOMINAL STRENGTHS:

FYLD: 36000.0000

DIAMETER - D	24.015753	IN
WALL THICKNESS - T	0.50000000	IN
D/T	48.031506	
YIELD REDUCTION FACTOR USED	1.0000000	
YIELD REDUCTION FACTOR RF	1.0345066	(NA)
YIELD REDUCTION FACTOR RFYE	10.062843	(NA)
REDUCED YIELD STRESS	36000.000	PSI
*** NOMINAL BENDING STRENGTH	45681.820	PSI
BENDING RESISTANCE FACTOR	0.95	
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH	43397.729	PSI

Y-AXIS

*

Z-AXIS

KY, EFFECTIVE LENGTH FACTOR	1.0000000	IN	* KZ, EFFECTIVE LENGTH FACTOR	
1.0000000		IN		
LY, MEMBER LENGTH - Y	818.42847	IN	* LZ, MEMBER LENGTH - Z	
818.42847		IN		
RY, RADIUS OF GYRATION - Y	8.3159533	IN	* RZ, RADIUS OF GYRATION - Z	
8.3159533		IN		
SLENDERNESS RATIO, KY*LY/R	98.416672	IN	* SLENDERNESS RATIO, KZ*LZ/RZ	
98.416672		IN		
MAXIMUM SLENDERNESS RATIO			98.416672	
COLUMN SLENDERNESS PARAMETER, LAMBDA			1.1037506	
*** NOMINAL AXIAL COMPRESSIVE STRENGTH			25035.611	PSI
AXIAL COMPRESSION RESISTANCE FACTOR			0.85	
FACTORED NOMINAL AXIAL COMPRESSIVE STRENGTH			21280.270	PSI
EQUATION D.2.2-2A			25035.611	PSI
EQUATION D.2.2-2B			29550.213	PSI (NA)

EQUATION D.3.2-1 COMPUTATION

AXIAL FORCE - FX	-259640.53	LBS
AREA	36.938427	IN**2
COMPRESSIVE STRESS	7029.0088	PSI
*** NOMINAL AXIAL STRENGTH	25035.611	PSI
AXIAL COMPRESSION RESISTANCE FACTOR	0.85	
*** FACTORED NOMINAL AXIAL STRENGTH	21280.270	PSI
COMPRESSIVE AXIAL STRESS/STRENGTH	0.33030638	

B E N D I N G M O M E N T C O N T R I B U T I O N

Y AXIS BENDING

*

Z AXIS BENDING

SLENDERNESS RATIO - Y	98.416672		* SLENDERNESS RATIO - Z	
98.416672				
EULER BUCKLING STRESS FEPRIME - Y	29550.213	PSI	* EULER BUCKLING STRESS FEPRIME - Z	
29550.213		PSI		

END MOMENT MY1	-1634603.2	IN-LB * END MOMENT MZ1	-
1172743.2 IN-LB		IN-LB * END MOMENT MZ2	-
END MOMENT MY2	2288147.8		
5029458.0 IN-LB		* END MOMENT RATIO MZ1/MZ2	
END MOMENT RATIO MY1/MY2	0.71437836		
0.23317488		* (SIGN CONVENTION HONORED)	
(SIGN CONVENTION HONORED)		* CMZ, Z MOMENT INTERACTION COEFF . .	
CMY, Y MOMENT INTERACTION COEFF . .	0.85000002		
0.85000002		PSI * COMPRESSIVE STRESS	
COMPRESSIVE STRESS	7029.0088		
7029.0088 PSI		* COMPRESSIVE STRESS /	
COMPRESSIVE STRESS /		IN-LB * ADJUSTED EULER Y STRESS . .	
ADJUSTED EULER Y STRESS . .	0.27984306		
0.27984306 IN-LB		IN-LB * MOMENT - MZ	
MOMENT - MY	655600.44		
730745.81 IN-LB		IN**3 * SECTION MODULUS	
SECTION MODULUS	212.73372		
212.73372 IN**3		PSI * APPLIED BENDING STRESS - Z, FBZ . .	
APPLIED BENDING STRESS - Y, FBZ . .	3081.7891		
3435.0259 PSI		PSI * ADJUSTED STRESS Z	
ADJUSTED STRESS Y	3637.4307		
4054.3555 PSI			

TOTAL FACTORED ADJUSTED BENDING STRESS RESULTANT.	5446.8984	PSI
*** NOMINAL BENDING STRENGTH.	45681.820	PSI
BENDING RESISTANCE FACTOR	0.95	
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH	43397.729	PSI
RATIO: ADJUSTED BENDING STRESS/NOMINAL BENDING STRENGTH . . .	0.12551114	

COMBINED UNITY CHECK - EQ D.3.2-1; AXIAL + BENDING: 0.45581752

EQUATION D.3.2-2 COMPUTATION

AXIAL FORCE - FX	-259640.53	LBS
AREA	36.938427	IN**2
COMPRESSIVE STRESS	7029.0088	PSI
*** NOMINAL AXIAL STRENGTH	25035.611	PSI
AXIAL COMPRESSION RESISTANCE FACTOR.	0.85	
*** FACTORED NOMINAL AXIAL STRENGTH.	21280.270	PSI
COMPRESSIVE AXIAL STRESS/STRENGTH.	0.33030638	
BENDING STRESS DUE TO FACTORED LOADS.	4614.8486	PSI
*** NOMINAL BENDING STRENGTH, FB	45681.820	PSI
BENDING RESISTANCE FACTOR	0.95	
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH	43397.729	PSI
RATIO: STRESS RESULTANT/NOMINAL BENDING STRENGTH.	0.10633848	

COMBINED UNITY CHECK - EQ D.3.2-2; AXIAL + BENDING: 0.17073141

COMBINED UNITY CHECK - EQ D.3.2-3; AXIAL + BENDING: 0.22970617

*** EQUATION D.3.2-1 CONTROLS THE COMPRESSION BENDING UNITY CHECK VALUE OF: 0.45581752

D.2.4-2	0.41750E+00	0.00000E+00	0.000	INFO
fv	0.41750E+00	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.4-4	0.85787E-01	0.00000E+00	0.000	INFO
fvt	0.85787E-01	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.4-1	0.19745E+02	0.41750E+00	0.021	PASS
Fvn	0.20785E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.4-3	0.19745E+02	0.85787E-01	0.004	PASS
Fvtn	0.20785E+02	0.00000E+00	0.000	INFO

* SHEAR STRESS CHECK *
* UNITY CHECK IS: 0.0211 *

SHEAR FORCE - FY	7664.4556	LB
SHEAR FORCE - FZ	845.10413	LB
SHEAR FORCE RESULTANT	7710.9067	LB
SHEAR AREA - AY	18.469213	IN**2
SHEAR AREA - AZ	18.469213	IN**2
SHEAR STRESS DUE TO NORMAL FORCE	417.50055	PSI
TORSIONAL MOMENT - MX	36499.527	IN-LB
SECTION DIAMETER - D	24.015753	IN
TORSIONAL INERTIA - ITORS	5108.9604	IN**4
TORSIONAL SHEAR STRESS	85.786888	PSI

TOTAL FACTORED SHEAR STRESS. 417.50055 PSI
MODIFIED YIELD STRESS 36000.000 PSI
*** NOMINAL SHEAR STRENGTH 20784.609 PSI
SHEAR RESISTANCE FACTOR. 0.95
*** FACTORED NOMINAL SHEAR STRENGTH. 19745.379 PSI
RATIO: SHEAR STRESS/NOMINAL STRENGTH. . . 2.11442169E-02

***** CRITICAL UNITY CHECK IS *****
***** 0.4921 (SLNDRNSS) *****

* PROFILE HAS PASSED CODE CHECK *

PARAMETER XBRACE VALUE = 1.00000 FOR JOINT = 2203
PARAMETER XBRTOLE VALUE = 0.05000 FOR JOINT = 2203
PARAMETER KY VALUE = 1.00000
PARAMETER KZ VALUE = 1.00000
PARAMETER SLND VALUE = COMPUTE FOR LOADING = PAInc002

1*****

OAPILRFD1 CODE CHECK TRACE

MEMBER - (-)144-3 TABLE - PRIS. PROFILE - PIPE LOADING - PAInc002
DISTANCE FROM START OF MEMBER TO SECTION = 818.43

FORCE VECTOR (2.596405E+05 5.781921E+03 1.149639E+04 3.649953E+04 1.634868E+06 1.172920E+06)

AREA 36.938427 IN**2
DIAMETER - D 24.015753 IN
WALL THICKNESS - T 0.50000000 IN

Y-AXIS

*

Z-AXIS

IY BENDING MOMENT OF INERTIA Y - AXIS . 2554.4819 IN**4 * IZ BENDING MOMENT OF INERTIA Z - AXIS
. 2554.4819 IN**4
SY SECTION MODULUS Y - AXIS 212.73386 IN**3 * SZ SECTION MODULUS Z - AXIS
. 212.73386 IN**3
ZY PLASTIC MODULUS Y - AXIS 276.53699 IN**3 * ZZ PLASTIC MODULUS Z - AXIS
. 276.53699 IN**3
RY RADIUS OF GYRATION Y - AXIS 8.3159533 IN * RZ RADIUS OF GYRATION Z - AXIS
. 8.3159533 IN

PARAMETER SLND VALUE = 300.00000

MEMBER (-)144-3 PROFILE PIPE TABLE PRISMATIC LOAD PAInc002
CODE APILRFD1 UNITS INCH KIP

DISTANCE FROM START OF MEMBER TO SECTION 818.42847

SECTION FORCES FX FY FZ MT MY MZ
0.25964E+03 -0.57819E+01 -0.11496E+02 -0.36500E+02 -0.16349E+04 -0.11729E+04
PROVISION LIMITING ACTUAL ACT./LIM.
D.3.2.3T 0.30000E+03 0.98417E+02 0.328 PASS
L/r 0.30000E+03 0.98417E+02 0.328 INFO

* SLENDERNESS RATIO CHECK *
* UNITY CHECK IS: 0.3281 *

ALLOWABLE SLENDERNESS RATIO FOR A TENSION LOAD IS 300.000000

Y-AXIS

*

Z-AXIS

KY, EFFECTIVE LENGTH FACTOR - Y . . 1.0000000 IN * KZ, EFFECTIVE LENGTH FACTOR - Z . .
1.0000000 IN

LY, MEMBER LENGTH - Y 818.42847 IN * LZ, MEMBER LENGTH - Z
818.42847 IN
RY, RADIUS OF GYRATION 8.3159533 IN * RZ, RADIUS OF GYRATION
8.3159533 IN
SLENDERNESS RATIO, KY*LY/R 98.416672 IN * SLENDERNESS RATIO, KZ*LZ/RZ
98.416672 IN
RATIO: SLENDERNESS/ALLOWABLE . . . 0.32805556 * RATIO: SLENDERNESS/ALLOWABLE . . .
0.32805556

D.2.1-1	0.34200E+02	0.70290E+01	0.206	PASS
ft	0.70290E+01	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.3-2b	0.45682E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
fb	0.94583E+01	0.00000E+00	0.000	INFO
Fbn	0.45682E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.3-1	0.43398E+02	0.94583E+01	0.218	PASS
D.3.1-1	0.10000E+01	0.26962E+00	0.270	PASS

* TENSION BENDING CHECK *
* UNITY CHECK IS: 0.2696 *

THIS MEMBER IS EXPERIENCING A CONDITION OF COMBINED TENSION AND BENDING.

A CHECK ACCORDING TO API RP 2A LRFD FIRST EDITION HAS BEEN REQUESTED.

TRACE 3 UNITS ARE INCHES AND POUNDS.

THE FACTORED NOMINAL STRENGTH FOR TENSION AXIAL LOAD IS: 34200.000 PSI.
THE NOMINAL BENDING STRENGTH WITH A TENSION LOAD IS: 45681.820 PSI.
THE FOLLOWING PARAMETERS WERE USED IN THE COMPUTATION OF THESE NOMINAL STRENGTHS:

FYLD: 36000.0000 PF: 1.0000

DIAMETER - D	24.015753	IN
WALL THICKNESS - T	0.50000000	IN
D/T	48.031506	
AXIAL FORCE - FX	259640.53	LB
AREA	36.938427	IN**2
FACTORED TENSILE STRESS.	7029.0088	PSI
*** NOMINAL STRENGTH (FYLD).	36000.000	PSI
TENSILE RESISTANCE FACTOR.	0.95	
*** FACTORED NOMINAL STRENGTH.	34200.000	PSI
RATIO: AXIAL STRESS / NOMINAL.	0.20552658	
MOMENT - Y	1634868.4	IN-LB
MOMENT - Z	1172920.2	IN-LB
MOMENT RESULTANT	2012097.5	IN-LB
SECTION MODULUS	212.73372	IN**3
PLASTIC MODULUS.	276.53699	IN**3
APPLIED FACTORED BENDING STRESS.	9458.2910	PSI
*** NOMINAL BENDING STRENGTH	45681.820	PSI
BENDING RESISTANCE FACTOR.	0.95	
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH.	43397.729	PSI
RATIO: BENDING STRESS / NOMINAL.	0.21794437	
*** TENSION BENDING UNITY CHECK	0.26961693	

D.2.4-2	0.69675E+00	0.00000E+00	0.000	INFO
fv	0.69675E+00	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.4-4	0.85787E-01	0.00000E+00	0.000	INFO
fvt	0.85787E-01	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.4-1	0.19745E+02	0.69675E+00	0.035	PASS
Fvn	0.20785E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.4-3	0.19745E+02	0.85787E-01	0.004	PASS
Fvtn	0.20785E+02	0.00000E+00	0.000	INFO

* SHEAR STRESS CHECK *
* UNITY CHECK IS: 0.0353 *

SHEAR FORCE - FY	5781.9214	LB
SHEAR FORCE - FZ	11496.394	LB
SHEAR FORCE RESULTANT	12868.477	LB
SHEAR AREA - AY	18.469213	IN**2
SHEAR AREA - AZ	18.469213	IN**2
SHEAR STRESS DUE TO NORMAL FORCE	696.75281	PSI

TORSIONAL MOMENT - MX 36499.527 IN-LB
SECTION DIAMETER - D 24.015753 IN
TORSIONAL INERTIA - ITORS 5108.9604 IN**4
TORSIONAL SHEAR STRESS 85.786888 PSI

TOTAL FACTORED SHEAR STRESS. 696.75281 PSI

MODIFIED YIELD STRESS 36000.000 PSI
*** NOMINAL SHEAR STRENGTH 20784.609 PSI
SHEAR RESISTANCE FACTOR. 0.95
*** FACTORED NOMINAL SHEAR STRENGTH. 19745.379 PSI
RATIO: SHEAR STRESS/NOMINAL STRENGTH. . . 3.52868810E-02

PARAMETER XBRACE VALUE = 1.00000 FOR JOINT = 2203
PARAMETER XBRTOL VALUE = 0.05000 FOR JOINT = 2203
PARAMETER XBRACE VALUE = 1.00000 FOR JOINT = 2202
PARAMETER XBRTOL VALUE = 0.05000 FOR JOINT = 2202

THE REV PARAMETER IS YES. THE PROFILE IS BEING CHECKED AGAIN WITH THE TENSION STRESS USED AS IF IT WERE COMPRESSION.

PARAMETER SLND VALUE = 200.00000
D.3.2.3C 0.20000E+03 0.98417E+02 0.492 PASS
KL/r 0.20000E+03 0.98417E+02 0.492 INFO

* SLENDERNESS RATIO CHECK *
* UNITY CHECK IS: 0.4921 *

ALLOWABLE SLENDERNESS RATIO FOR A COMPRESSION LOAD IS 200.000000

Y-AXIS		*	Z-AXIS	

KY, EFFECTIVE LENGTH FACTOR - Y . .	1.0000000	IN	* KZ, EFFECTIVE LENGTH FACTOR - Z . .	
1.0000000 IN				
LY, MEMBER LENGTH - Y	818.42847	IN	* LZ, MEMBER LENGTH - Z	
818.42847 IN				
RY, RADIUS OF GYRATION	8.3159533	IN	* RZ, RADIUS OF GYRATION	
8.3159533 IN				
SLENDERNESS RATIO, KY*LY/R	98.416672	IN	* SLENDERNESS RATIO, KZ*LZ/RZ	
98.416672 IN				
RATIO: SLENDERNESS/ALLOWABLE . . .	0.49208337		* RATIO: SLENDERNESS/ALLOWABLE . . .	
0.49208337				
D.2.2-3	0.36226E+03	0.00000E+00	0.000	INFO
Fxe	0.36226E+03	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.2-4a	0.36000E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
Fxc	0.36000E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
FYLDMOD	0.36000E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.2-2c	0.11038E+01	0.00000E+00	0.000	INFO
LAMBDA Y	0.11038E+01	0.00000E+00	0.000	INFO
LAMBDA Z	0.11038E+01	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.2-2a	0.25036E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
fc	0.70290E+01	0.00000E+00	0.000	INFO
Fcn	0.25036E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.2-1	0.21280E+02	0.70290E+01	0.330	PASS
D.2.3-2b	0.45682E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
fb	0.94583E+01	0.00000E+00	0.000	INFO
Fbn	0.45682E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.3-1	0.43398E+02	0.94583E+01	0.218	PASS

* PURE BENDING CHECK *
* UNITY CHECK IS: 0.2179 *

THIS MEMBER IS EXPERIENCING A CONDITION OF PURE BENDING.

A CHECK ACCORDING TO API RP 2A LRFD FIRST EDITION HAS BEEN REQUESTED.

TRACE 3 UNITS ARE INCHES AND POUNDS.

THE FOLLOWING YIELD STRESS WAS USED IN THE COMPUTATION OF THESE ALLOWABLE STRESSES:

FYLD: 36000.0000

DIAMETER - D 24.015753 IN
WALL THICKNESS - T 0.50000000 IN
D/T 48.031506

MOMENT - Y 1634868.4 IN-LB
MOMENT - Z 1172920.2 IN-LB
MOMENT RESULTANT 2012097.5 IN-LB
SECTION MODULUS 212.73372 IN**3
PLASTIC MODULUS 276.53699 IN**3

BENDING STRESS DUE TO FACTORED LOADS. 9458.2910 PSI
*** NOMINAL BENDING STRENGTH. 45681.820 PSI
BENDING RESISTANCE FACTOR 0.95
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH 43397.729 PSI
RATIO: BENDING STRESS/NOMINAL STRENGTH. 0.21794437

PARAMETER CMY VALUE = 0.85000
PARAMETER CMZ VALUE = 0.85000
PARAMETER CMY VALUE = 0.85000 MODIFIED FOR APILRFD1 CODE
PARAMETER CMZ VALUE = 0.85000 MODIFIED FOR APILRFD1 CODE
D.3.2-1 0.10000E+01 0.58755E+00 0.588 PASS
D.3.2-2 0.10000E+01 0.28234E+00 0.282 PASS
D.3.2-3 0.30600E+02 0.70290E+01 0.230 PASS
D.3.2-3 0.30600E+02 0.70290E+01 0.230 PASS

* COMPRESSION BENDING CHECK *
* USING EQ D.3.2-1 *
* UNITY CHECK IS: 0.5875 *

THIS MEMBER IS EXPERIENCING A CONDITION OF COMBINED BENDING AND COMPRESSION.
A CHECK ACCORDING TO API RP 2A LRFD FIRST EDITION HAS BEEN REQUESTED.
TRACE 3 UNITS ARE INCHES AND POUNDS.
THE FOLLOWING PARAMETERS WERE USED IN THE COMPUTATION OF THESE NOMINAL STRENGTHS:
FYLD: 36000.0000

DIAMETER - D 24.015753 IN
WALL THICKNESS - T 0.50000000 IN
D/T 48.031506

YIELD REDUCTION FACTOR USED 1.0000000
YIELD REDUCTION FACTOR RF 1.0345066 (NA)
YIELD REDUCTION FACTOR RFYE 10.062843 (NA)
REDUCED YIELD STRESS 36000.000 PSI

*** NOMINAL BENDING STRENGTH 45681.820 PSI
BENDING RESISTANCE FACTOR. 0.95
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH. 43397.729 PSI

Y-AXIS * Z-AXIS

KY, EFFECTIVE LENGTH FACTOR 1.0000000 IN * KZ, EFFECTIVE LENGTH FACTOR
1.0000000 IN
LY, MEMBER LENGTH - Y 818.42847 IN * LZ, MEMBER LENGTH - Z
818.42847 IN
RY, RADIUS OF GYRATION - Y 8.3159533 IN * RZ, RADIUS OF GYRATION - Z
8.3159533 IN
SLENDERNESS RATIO, KY*LY/RY 98.416672 IN * SLENDERNESS RATIO, KZ*LZ/RZ
98.416672 IN

MAXIMUM SLENDERNESS RATIO 98.416672
COLUMN SLENDERNESS PARAMETER, LAMBDA. 1.1037506
*** NOMINAL AXIAL COMPRESSIVE STRENGTH 25035.611 PSI
AXIAL COMPRESSION RESISTANCE FACTOR 0.85
FACTORED NOMINAL AXIAL COMPRESSIVE STRENGTH 21280.270 PSI
EQUATION D.2.2-2A 25035.611 PSI
EQUATION D.2.2-2B 29550.213 PSI (NA)

AXIAL FORCE - FX	-259640.53	LBS
AREA	36.938427	IN**2
COMPRESSIVE STRESS	7029.0088	PSI
*** NOMINAL AXIAL STRENGTH	25035.611	PSI
AXIAL COMPRESSION RESISTANCE FACTOR	0.85	
*** FACTORED NOMINAL AXIAL STRENGTH	21280.270	PSI
COMPRESSIVE AXIAL STRESS/STRENGTH	0.33030638	

Y AXIS BENDING	*	Z AXIS BENDING
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14
15	15	15
16	16	16
17	17	17
18	18	18
19	19	19
20	20	20
21	21	21
22	22	22
23	23	23
24	24	24
25	25	25
26	26	26
27	27	27
28	28	28
29	29	29
30	30	30
31	31	31
32	32	32
33	33	33
34	34	34
35	35	35
36	36	36
37	37	37
38	38	38
39	39	39
40	40	40
41	41	41
42	42	42
43	43	43
44	44	44
45	45	45
46	46	46
47	47	47
48	48	48
49	49	49
50	50	50
51	51	51
52	52	52
53	53	53
54	54	54
55	55	55
56	56	56
57	57	57
58	58	58
59	59	59
60	60	60
61	61	61
62	62	62
63	63	63
64	64	64
65	65	65
66	66	66
67	67	67
68	68	68
69	69	69
70	70	70
71	71	71
72	72	72
73	73	73
74	74	74
75	75	75
76	76	76
77	77	77
78	78	78
79	79	79
80	80	80
81	81	81
82	82	82
83	83	83
84	84	84
85	85	85
86	86	86
87	87	87
88	88	88
89	89	89
90	90	90
91	91	91
92	92	92
93	93	93
94	94	94
95	95	95
96	96	96
97	97	97
98	98	98
99	99	99
100	100	100

COMBINED UNITY CHECK - EQ D.3.2-1; AXIAL + BENDING: 0.58754581

AXIAL FORCE - FX	-259640.53	LBS
AREA	36.938427	IN**2
COMPRESSIVE STRESS	7029.0088	PSI
*** NOMINAL AXIAL STRENGTH	25035.611	PSI
AXIAL COMPRESSION RESISTANCE FACTOR.	0.85	
*** FACTORED NOMINAL AXIAL STRENGTH.	21280.270	PSI
COMPRESSIVE AXIAL STRESS/STRENGTH.	0.33030638	

BENDING STRESS DUE TO FACTORED LOADS.	9458.2910	PSI
*** NOMINAL BENDING STRENGTH, FB	45681.820	PSI
BENDING RESISTANCE FACTOR	0.95	
*** FACTORED NOMINAL BENDING STRENGTH	43397.729	PSI
RATIO: STRESS RESULTANT/NOMINAL BENDING STRENGTH.	0.21794437	

COMBINED UNITY CHECK - EQ D.3.2-2; AXIAL + BENDING: 0.28233731

COMBINED UNITY CHECK - EQ D.3.2-3; AXIAL + BENDING: 0.22970617

*** EQUATION D.3.2-1 CONTROLS THE COMPRESSION BENDING UNITY CHECK VALUE OF: 0.58754581

D.2.4-2	0.69675E+00	0.00000E+00	0.000	INFO
fv	0.69675E+00	0.00000E+00	0.000	INFO

D.2.4-4	0.85787E-01	0.00000E+00	0.000	INFO
fvt	0.85787E-01	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.4-1	0.19745E+02	0.69675E+00	0.035	PASS
Fvn	0.20785E+02	0.00000E+00	0.000	INFO
D.2.4-3	0.19745E+02	0.85787E-01	0.004	PASS
Fvtn	0.20785E+02	0.00000E+00	0.000	INFO

 * SHEAR STRESS CHECK *
 * UNITY CHECK IS: 0.0353 *

SHEAR FORCE - FY	5781.9214	LB
SHEAR FORCE - FZ	11496.394	LB
SHEAR FORCE RESULTANT	12868.477	LB
SHEAR AREA - AY	18.469213	IN**2
SHEAR AREA - AZ	18.469213	IN**2
SHEAR STRESS DUE TO NORMAL FORCE	696.75281	PSI
TORSIONAL MOMENT - MX	36499.527	IN-LB
SECTION DIAMETER - D	24.015753	IN
TORSIONAL INERTIA - ITORS	5108.9604	IN**4
TORSIONAL SHEAR STRESS	85.786888	PSI
TOTAL FACTORED SHEAR STRESS.	696.75281	PSI
MODIFIED YIELD STRESS	36000.000	PSI
*** NOMINAL SHEAR STRENGTH	20784.609	PSI
SHEAR RESISTANCE FACTOR.	0.95	
*** FACTORED NOMINAL SHEAR STRENGTH.	19745.379	PSI
RATIO: SHEAR STRESS/NOMINAL STRENGTH. . . 3.52868810E-02		

 ***** CRITICAL UNITY CHECK IS *****
 ***** 0.5875 (D.3.2-1) *****

 * PROFILE HAS PASSED CODE CHECK *

** MEMBER (-)144-3 FAILED CODE CHECK **

**** INFO_STTECC -- The following members FAILED CODE CHECKS
 (-)144-3

**** WARNING_STTECC -- Specified GROUP name FAILCK1 already exists.
 A new GROUP name is created.

**** WARNING_STTECC -- Specified GROUP name FAILCK2 already exists.
 A new GROUP name is created.

**** WARNING_STTECC -- Specified GROUP name FAILCK3 already exists.
 A new GROUP name is created.

**** WARNING_STTECC -- Specified GROUP name FAILCK4 already exists.
 A new GROUP name is created.

**** INFO_STTECC -- The above failed member names for the CODE CHECKS
 are stored permanently in a group named FAILCK5

**** INFO_STTECC -- Also, the group name FAILCK has been updated to contain the
 FAILED CODE CHECKS member names for this CHECK command.



**LAMPIRAN
PERHITUNGAN KEANDALAN**

Member CSG-5 Pada Arah 0°

$MK = \sigma_{Ultimate} - \sigma_{Comb}$

$MK = \sigma_{Ultimate} - (P/A + M/S)$

Data Awal CSG-5

			CoV			
$\sigma_{Ultimate} =$	80	ksi	0.15	Tahanan	Tanda	Negatif
P =	972.8448	kips	0.3	Beban		Positif
Area =	45.71639	in^2	0.3	Beban		
Momen =	4672.153	kips-in	0.3	Beban		
Section =	260.6279	in^3	0.3	Beban		

Mean	$\sigma_{Ultimate} =$	80
	P =	972.84475
	Area =	45.716393
	Momen =	4672.1525
	Section =	260.62787

Simpangan	$\sigma_{Ultimate} =$	12
	P =	291.853425
	Area =	13.7149179
	Momen =	1401.64575
	Section =	78.188361

$$Z1 = (\sigma_{ult} - \mu_{\sigma}) / \sigma_{\sigma_{ult}}$$

$$Z2 = (P - \mu_P) / \sigma_P$$

$$Z3 = (A - \mu_A) / \sigma_A$$

$$Z4 = (M - \mu_M) / \sigma_M$$

$$Z5 = (S - \mu_S) / \sigma_S$$

Dimana : $\sigma_y = Z1 * \sigma_{\sigma_{ult}} + \mu_{\sigma_{ult}}$

$$P = Z2 * \sigma_P + \mu_P$$

$$A = Z3 * \sigma_A + \mu_A$$

$$M = Z4 * \sigma_M + \mu_M$$

$$S = Z5 * \sigma_S + \mu_S$$

$$MK = \sigma_{Ultimate} - (P/A + M/S)$$

$$(Z1 * \sigma_{\sigma_{ult}} + \mu_{\sigma_{ult}}) - \left(\frac{Z2 * \sigma_P + \mu_P}{Z3 * \sigma_A + \mu_A} \right) + \left(\frac{Z4 * \sigma_M + \mu_M}{Z5 * \sigma_S + \mu_S} \right) = 0$$

$$\beta = - \text{Konstanta} / ((Z1 * Z3 * Z5 * \sigma_{\sigma_{ult}} * \sigma_A * \sigma_S + Z1 * Z3 * \sigma_{\sigma_{ult}} * \sigma_A * \mu_S + Z1 * Z5 * \sigma_{\sigma_{ult}} * \sigma_S * \mu_A + Z1 * \sigma_{\sigma_{ult}} * \mu_A * \mu_S + Z3 * Z5 * \mu_{\sigma_{ult}} * \sigma_A * \sigma_S + Z3 * \mu_{\sigma_{ult}} * \sigma_A * \mu_S + Z5 * \mu_{\sigma_{ult}} * \mu_A * \sigma_S + \mu_{\sigma_{ult}} * \mu_A * \mu_S)) - ((Z2 * Z5 * \sigma_P * \sigma_S + Z2 * \sigma_P * \mu_S + Z5 * \mu_P * \sigma_S + Z4 * Z3 * \sigma_M * \sigma_A + Z4 * \sigma_M * \mu_A + Z3 * \sigma_A * \mu_M))$$

$\alpha1 = -1/K$	142979.6	+	42893.88	$\beta * Z3 +$	42893.88	$\beta * Z5 +$	12868.16	$\beta * Z3 * Z5$		
$\alpha2 = 1/K$	-76065.1	+	-22819.5	$\beta * Z5 +$						
$\alpha3 = -1/K$	221881	+	42893.88	$\beta * Z1 +$	-19223.5	$\beta * Z4 +$	85787.76	$\beta * Z5 +$	12868.16342	$\beta * Z1 * Z5$
$\alpha4 = 1/K$	-64078.2	+	-19223.5	$\beta * Z3 +$						
$\alpha5 = -1/K$	209894.1	+	42893.88	$\beta * Z1 +$	-22819.5	$\beta * Z2 +$	85787.76	$\beta * Z3 +$	12868.16342	$\beta * Z1 * Z3$

	Start	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Beta	3	-8.53927462	2.026797	1.862317	2.208629	2.0852	2.209477	2.156848	2.24177171	2.231287
α_1	-0.44721	-0.57613517	-0.41128	-0.31774	-0.31752	-0.26614	-0.27306	-0.24828	-0.251815644	-0.23606
α_2	0.447214	-0.23123879	-0.14788	-0.33771	-0.29357	-0.34696	-0.32774	-0.3504	-0.34037989	-0.34932
α_3	0.447214	-0.53304474	-0.62175	-0.62994	-0.68566	-0.74124	-0.78569	-0.82816	-0.850584396	-0.87079
α_4	0.447214	-0.19479834	-0.12353	-0.28911	-0.23171	-0.24779	-0.20518	-0.19219	-0.165755438	-0.15314
α_5	0.447214	-0.54084545	-0.63808	-0.55188	-0.53775	-0.44492	-0.39826	-0.30461	-0.264124463	-0.20129
	K1=	70647962421	2.55E+11	1.92E+09	3.24E+09	1.41E+09	2.09E+09	1.57E+09	2041433538	1.79E+09
	K2=	11380785276	3.29E+10	2.17E+09	2.77E+09	2.4E+09	3.01E+09	3.13E+09	3729903683	3.91E+09
	K3=	60475320566	5.82E+11	7.54E+09	1.51E+10	1.09E+10	1.73E+10	1.75E+10	23291885800	2.43E+10
	K4=	8076466117	2.3E+10	1.59E+09	1.72E+09	1.22E+09	1.18E+09	9.43E+08	884515403.1	7.52E+08
	K5=	62258294117	6.13E+11	5.79E+09	9.29E+09	3.94E+09	4.45E+09	2.37E+09	2245882772	1.3E+09
	Ktot=	461344.5876	1227022	137848.9	179214.6	141116.6	167492	159776	179425.8097	179070.5

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2.29663	2.295776	2.343311	2.341237	2.375608	2.370856	2.396295	2.38956	2.409041	2.401225	2.416693
-0.23684	-0.22559	-0.22604	-0.21801	-0.21896	-0.21313	-0.21453	-0.21015	-0.2118	-0.20837	-0.21012
-0.34331	-0.34754	-0.34352	-0.34604	-0.34313	-0.34497	-0.34274	-0.34425	-0.34247	-0.34378	-0.3423
-0.87991	-0.88933	-0.89332	-0.89822	-0.90005	-0.90284	-0.90365	-0.90536	-0.90566	-0.90678	-0.90682
-0.13941	-0.13159	-0.12427	-0.11954	-0.11545	-0.11257	-0.11024	-0.10848	-0.10715	-0.10606	-0.1053
-0.1799	-0.14182	-0.13205	-0.10792	-0.10441	-0.08824	-0.08814	-0.07671	-0.07845	-0.06995	-0.07261
2.06E+09	1.87E+09	2.04E+09	1.89E+09	2.01E+09	1.89E+09	1.99E+09	1.89E+09	1.98E+09	1.89E+09	1.97E+09
4.33E+09	4.44E+09	4.71E+09	4.76E+09	4.94E+09	4.96E+09	5.08E+09	5.08E+09	5.17E+09	5.15E+09	5.22E+09
2.85E+10	2.91E+10	3.19E+10	3.21E+10	3.4E+10	3.4E+10	3.53E+10	3.51E+10	3.61E+10	3.58E+10	3.66E+10
7.14E+08	6.37E+08	6.17E+08	5.68E+08	5.59E+08	5.28E+08	5.26E+08	5.04E+08	5.06E+08	4.9E+08	4.94E+08
1.19E+09	7.39E+08	6.96E+08	4.63E+08	4.58E+08	3.24E+08	3.36E+08	2.52E+08	2.71E+08	2.13E+08	2.35E+08
191713	191739.5	199802.3	199408.9	204878.4	204093.2	208005.3	206959.4	209895.4	208716.1	211018.7

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2.408486	2.421181	2.413033	2.423742	2.415917	2.425143	2.417783	2.425857	2.419024	2.426167	2.419877
-0.20733	-0.20907	-0.20674	-0.20841	-0.20641	-0.20799	-0.20625	-0.20771	-0.20617	-0.20752	-0.20615
-0.34348	-0.34221	-0.34327	-0.34218	-0.34314	-0.34217	-0.34304	-0.34218	-0.34297	-0.34219	-0.34291
-0.9076	-0.9075	-0.90807	-0.9079	-0.90835	-0.90815	-0.90851	-0.9083	-0.9086	-0.90839	-0.90865
-0.10462	-0.1042	-0.10377	-0.10354	-0.10326	-0.10314	-0.10295	-0.10291	-0.10277	-0.10276	-0.10266
-0.066	-0.06906	-0.0637	-0.06687	-0.06239	-0.0655	-0.06167	-0.06462	-0.06129	-0.06405	-0.06111
1.89E+09	1.96E+09	1.89E+09	1.95E+09	1.9E+09	1.95E+09	1.9E+09	1.95E+09	1.9E+09	1.94E+09	1.9E+09
5.19E+09	5.25E+09	5.22E+09	5.26E+09	5.24E+09	5.27E+09	5.25E+09	5.28E+09	5.25E+09	5.28E+09	5.26E+09
3.63E+10	3.69E+10	3.65E+10	3.71E+10	3.67E+10	3.72E+10	3.68E+10	3.72E+10	3.69E+10	3.72E+10	3.69E+10
4.82E+08	4.87E+08	4.77E+08	4.82E+08	4.74E+08	4.79E+08	4.73E+08	4.78E+08	4.72E+08	4.76E+08	4.71E+08
1.92E+08	2.14E+08	1.8E+08	2.01E+08	1.73E+08	1.93E+08	1.7E+08	1.88E+08	1.68E+08	1.85E+08	1.67E+08
209798.6	211674	210472.3	212046.8	210898	212250.6	211172.8	212354.3	211355.3	212399.4	211480.8

PoF =	0.007681082
Keandalan =	0.992318918



**LEMBAR ASISTENSI, REVISI
DAN SK TUGAS AKHIR**



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Arief Santoso Wijaya

NRP : 4301 100 006

Judul Tugas Akhir : Analisa Kekuatan Ultimate Struktur Jacket

Dengan Pendekatan LRFD Dan Berbasis Keandalan

Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc

No.	Tanggal	Penjelasan Pembimbing	Tanda Tangan
1	30/10/05	Pelajaran metodologi & prosedur pemodelan	
2	5/12/05	Ryut model beban struktur & analisis statik	
3	15/2/06	Tulis bab 2 awal & eletrasit awal	
4	6/3/06	Modeling beban pada over LRFD & WSD	
5	25/3/06	banding hasil LRFD & WSD	
6	7/4/06	sumbu pemodelan kea- dalam	
7	16/4/06	Seberg besar kebutuhan ultimate & seli	
8	3/5/06	Cari referensi utk. el	
9	20/5/06	Ruat analisa & tulis pembahasan	
10	25/6/06	Diagram untuk sumbu	
11	28/6/06	perbaikan abstrak & kesimpulan	
12	7/7/06	Ok P3	



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Arief Santoso Wijaya
NRP : 4301 100 006
Judul Tugas Akhir : Analisa Kekuatan Ultimate Struktur Jacket
Dengan Pendekatan LRFD Dan Berbasis Keandalan
Dosen Pembimbing : Ir. Murdjito M.Sc.Eng

No.	Tanggal	Penjelasan Pembimbing	Tanda Tangan
1	15/09/05	Perbaikan Proposal	
2	5/10/05	Pengumpulan dan analisa data	
3	10/10/05	Permodulan geometris	
4	15/11/05	Perbaikan model geometris	
5	1/2/06	Pembebanan	
6	5/4/06	check hasil	
7	11/4/06	Perbaikan model	
8	26/4/06	Analisa push-over	
9	3/6/06	Draft Report	
10	5/6/06	Perbaiki Draft Report	
11	27/6/06	Penyusunan	



FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
Gedung WA Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp. (031)5928105, 5994251-55 Ext. 1105
Fax. (031)5928105

FORM-11/TA

LEMBAR PERBAIKAN, TUGAS TAMBAHAN ATAU
SARAN UJIAN AKHIR TA (P3)

No	Tugas dari Tim Penguji
1	Statement pertama diabaikan perbandingnya dng WSD. \leftarrow AFOSM.
2	Mamaha untuk memahami Struktur \rightarrow animasi, + penjelasan.
3	Jelaskan kondisi instability \rightarrow apakah sama dng kondisi the collapse.
4	Apas Harus dimanfaatkan perhitungan Structural Redundancy!
5	

Surabaya,
Ketua Tim Penguji

WSD \rightarrow Total (SF) } Deterministic Ketua

LRFD \rightarrow Partial SF

AFOSM

MEOR Probabilistic.....)

Semi-ProG.

(Reliability Level II.) \rightarrow ATO STM

Full Prob.

干

→ Blm dpt secara rasional mengindikasi
peluang kegagalan



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS, Sukolilo Surabaya 60111 Telp./Fax. 031 - 5928105, 5994251 - 5 Pes. 1104 - 1105

SK. TUGAS AKHIR (LL 1327)
NO. : 175/ KO3.4.4/PP/2005

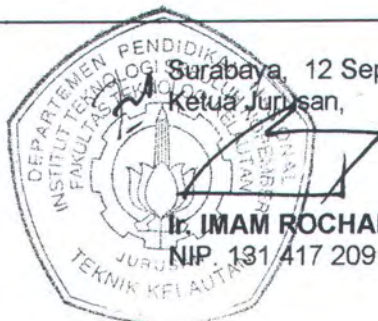
Mata Kulia	:	Tugas Akhir
Kode Mata Kuliah	:	LL 1327
Nama	:	Arief Santoso W.
Nomor Pokok	:	4301100006
Tanggal diberikan	:	12 September 2005
Tanggal Selesai	:	12 September 2006
Dosen Pembimbing	:	Dr. Ir. Eko Budi D, MSc Ir. Murdjito, MSc.Eng..

THEMA / URAIAN / DATA-DATA YANG DIBERIKAN / JUDUL TUGAS AKHIR :

Analisa Ultimate Strenght Struktur Jacket dengan pendekatan LRFD dan berbasis keandalan

DIBUAT RANGKAP 4 (EMPAT) :

1. Mahasiswa Ybs..
2. Dekan FTK-ITS
3. Dosen Pembimbing
4. Arsip Jurusan



Surabaya, 12 September 2005

Ketua Jurusan,

Ir. IMAM ROCHANI, MSc

NIP. 131 417 209

